

Список литературы

1. Marukovich, E.I. Study of possibility of continuous casting of bimetallic components in condition of direct connection of metals in a liquid state / E.I. Marukovich, A.M. Brano-vitsky, Y.-S. Na, J.-H. Lee, K.-Y. Choi // *Materials & Design, Elsevier*. – 2006. Vol. 27, № 10. – P. 1016–1026.
2. Устройство для непрерывного горизонтального литья биметаллических заготовок: пат. 4141 Респ. Беларусь, МПК В22D 11/00 / А.М. Брановицкий, Е.И. Марукович; заявитель Государственное научное учреждение «Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси». – № и 20070499; заявл. 2007.07.09; опубл. 28.02.08. // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасти*. 2008.
3. Марукович, Е.И. Структура контактного слоя биметаллов, полученных соединением компонентов в жидком состоянии / Е.И. Марукович, А.Г. Анисович, В.В. Дозмаров, Ю.В. Мухин // *Литейное производство*. – 1999. – №9. – С. 12–15.
4. Марукович, Е.И. Исследование зоны контакта биметаллов методом высокочастотного ультразвукового зондирования / Е.И. Марукович, В.В. Дозмаров, И.Г. Войтенко // *Литье и металлургия*. – 1998. – № 1. – С. 24–26.
5. Марукович, Е.И. Анализ температурных полей при затвердевании непрерывнолитой биметаллической отливки / Е.И. Марукович, А.М. Брановицкий, Ю.А. Лебединский // *Литье и металлургия*. – 2006. – №1. – С. 71–74.

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, СВОЙСТВА, ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

Песецкий С.С., Мышкин Н.К.

*ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им.В.А. Белого
НАН Беларуси», Гомель, Республика Беларусь, e-mail: otdel5mpri@tut.by*

Несмотря на существующие возможности увеличения в Беларуси объемов выпуска полимеров в первичных формах, а также в виде волокон и шин, объем закупок по импорту полимерных материалов и каучуков республикой в 2010 г. составил ≈1 млрд. долл. США. Значительная доля импорта приходится на полимерные композиционные материалы (ПКМ) технического назначения (инженерные пластики). Эти материалы крайне необходимы для обеспечения жизнедеятельности ряда отраслей, являющихся базовыми для Беларуси: автотракторное и сельскохозяйственное машиностроение, электроэнергетика, электроника, железнодорожный транспорт, строительство, производство ТНП. Данные посылки предопределяют необходимость проведения масштабных исследований, направленных на создание импортозамещающих и экспортоориентированных видов ПКМ и изделий из них.

Целью настоящей работы является анализ современных тенденций в области технологии ПКМ технического назначения, их характеристика, определение наиболее перспективных направлений исследований и разработок в данном направлении.

Среди современных методов получения ПКМ следует особо выделить технологии, основанные на реакционных процессах. Они базируются на протекании химических или физико-химических взаимодействий в смесях полимеров или гомополимеров, низкомолекулярных веществ и наполнителей, направленно влияющих на показатели эксплуатационных свойств материалов. Процессы, основанные на реак-

ционном компаундировании и реакционной переработке, лежат в основе большинства технологий получения конкурентоспособных и перспективных ПКМ.

Для их реализации используются специально создаваемые экструзионно-грануляционные линии. Главной частью этой линии является двухшнековый экструдер. Рабочий орган экструдера - материальный цилиндр и шнеки - является центральным звеном технологии. Именно в материальном цилиндре экструдера при транспорте через него полимерного расплава и аддитивов разыгрывается комплекс макромолекулярных превращений, реологических и физико-химических явлений, направленность и ход которых определяют качественные показатели ПКМ. Сложность конфигурации элементов шнеков по их длине обуславливается широкими возможностями влияния на качество ПКМ за счет конструктивного исполнения рабочего органа. По сути, современные экструдеры являются своеобразными реакторами-смесителями непрерывного действия. Главная особенность экструзионного реактора, как реактора непрерывного действия, в том, что он специально предназначен для переработки высоковязких полимерных расплавов. В нем, в отличие от традиционных реакторов, осуществляется так называемое диспергирующее перемешивание (рис. 3), в ходе которого происходит принудительное измельчение жидких агломератов компонентов ПКМ в силовом поле и стабилизация полученной дисперсии. Отдельные секции подобного экструдера представляют собой своеобразные мини-реакторы, в которых могут направленно изменяться тепловые и силовые воздействия на реакционную смесь, что позволяет вести процесс в нужном направлении и с высоким выходом нужного продукта.

При использовании технологии реакционной экструзии в настоящее время не только производится компаундирование различных типов ПКМ, но также осуществляются синтезы полимеров, протекающие по полимеризационным или поликонденсационным механизмам, реализуются реакции, основанные на сшивании и контролируемой деструкции макромолекул, производится направленная функционализация полимеров в результате введения функциональных групп в состав макроцепей.

Кроме того, данная технология является базовой для получения концентратов модификаторов для ПКМ – стабилизаторов, антипиренов, модификаторов ударной вязкости, лубрикантов, каталитических, окрашивающих, антистатических, пластифицирующих, тепло- и электропроводящих, антиблокирующих и многих других добавок.

Следует отметить также все более широкое применение технологии реакционной экструзии для реализации различных процессов, протекающих в твердой фазе. Твердофазные химические реакции, протекающие в полимерах под действием пластических деформаций использованы, например, для химической модификации целлюлозы и хитина. Данный метод может применяться для измельчения с одновременной химической модификацией ряда полимеров: полиэтилена, полипропилена, полистирола, сшитых полимеров, сэвилена, пенополиуретанов, отходов рыболовных сетей, отработанных шин, натурального шелка, нитей и лоскутов тканей, целлюлозо-содержащих композиционных материалов, высокопрочных арамидных волокон «Кевлар», органо- и углепластиков, отходов линолеума, искусственной и натуральной кожи и т.д. Кроме того, при использовании твердофазной экструзии могут быть получены биоразлагаемые смеси синтетических полимеров и неорганических полиоксидов. В последнее время твердофазная реакционная экструзия используется для диспергирования различных наполнителей, имеющих слоистую структуру агломератов (графит, многослойные нанотрубки, глинистые минералы) до наноразмерных частиц, дезагрегированных за счет воздействия сдвиговых напряжений в объеме полимерной матрицы.

Сейчас и в обозримом будущем доминирующая роль будет принадлежать волоконнаполненным (и прежде всего стеклонеполненным) термопластам, огнестойким пластикам и материалам на базе смесей разнородных полимеров. Весьма интенсивно ведутся исследования и отработка технологии нанокompозитов, молекулярных композитов, динамических вулканизатов и других материалов специального назначения.

При получении стеклоармированных ПКМ на современном этапе наиболее пристальное внимание уделяется вопросам, связанным с физико-химическими явлениями на границе раздела поверхности волокна с многокомпонентными полимерными матрицами (на базе смесей разнородных полимеров), а также созданию композитов, в которых стекловолокна (СВ) сочетаются с другими типами наполнителей, например, антипиренами, нанонаполнителями. Аналогичные проблемы возникают также при использовании для армированных композитов углеродных волокон (УВ), а также высокопрочных синтетических волокон «Кевлар», «Арселон» на основе термостойких полимеров.

В ряде работ показана усиливающая роль малых добавок наноглин, вводимых в ПКМ наряду с СВ, УВ и другими типами волокон. Поэтому технология ПКМ, в которых сочетаются традиционные волокнистые наполнители и нанонаполнители представляет большой научный и практический интерес.

При создании и изучении, видимо, второго по значимости и объемам производства типа ПКМ - полимерных смесей ключевыми проблемами, над которыми работают многие исследователи и научные школы, являются: разработка методологии предсказания совместимости; исследование межфазных явлений; поиск методов компатибилизации смесей несовместимых полимеров; синтез компатибилизаторов; создание конкурентоспособных и перспективных смесевых композиций, анализ их структуры и свойств. Для смесевых ПКМ, представляющих коммерческий интерес, центральными являются проблемы, связанные с компатибилизацией смесей, или, иначе говоря, преодолением негативных последствий несовместимости при смешении разнородных полимеров. Синтез компатибилизаторов для смесевых ПКМ чаще всего осуществляется методом реакционной экструзии и заключается в прививке к макромолекулам полимеров или сополимеров олефинов или их смесям полярных мономеров (функционализации).

Все более широкое распространение в технике и быту получают самозатухающие (огнестойкие) ПКМ. Постоянно возникают все новые проблемы, связанные с их созданием и описанием свойств, в связи с усложнением состава полимерных матриц, появлением новых наполнителей и их разнообразных сочетаний, новыми требованиями со стороны потребителей. Из трех важнейших путей получения самозатухающих полимеров: синтез малогорючих полимеров, физико-химическая модификация макромолекул, использование замедлителей горения применительно к конструкционным ПКМ на термопластичной матрице наибольшее распространение получил метод, основанный на введении замедлителей горения (антипиренов). Технология получения самозатухающих композиций также базируется на экструзионном компаундировании, причем некоторые типы антипиренов и конечных композиций могут быть получены непосредственно в процессе реакционной экструзии.

В настоящее время активно исследуются и разрабатываются следующие важнейшие типы полимерных нанокompозитов: наноструктурированные полимерные системы, полимер/полимерные наносистемы, полимер-силикатные нанокompозиты, композиты на основе углеродных наноматериалов, металлсодержащие и прочие нанокompозиты (нелинейно оптически-активные типа полимер, содержащий добавки низкомолекулярных оптически активных веществ (хромофоров) и др.). Наибольший

научный и практический интерес представляют полимер-силикатные, полимер-углеродные и металлосодержащие наноккомпозиты.

Для повышения конкурентоспособности, а также доли выпуска экспортоориентированных и импортозамещающих отечественных полимерных материалов технического назначения и готовой продукции из них необходимо уделять приоритетное внимание развитию отдельных научных направлений и технологий.

Особое значение, на наш взгляд, имеет создание и научное обеспечение промышленного производства широкого ассортимента композиционных материалов технического назначения на базе полиалкилентерефталатов. Крупнейшими потребителями подобных материалов могут быть железнодорожные ведомства стран СНГ, автотракторная промышленность и сельхозмашиностроение, электротехническая промышленность, электроэнергетика и электроника. Потенциальный объем потребления ПКМ при этом составит многие тысячи тонн в год.

Необходимо также стремиться к существенному расширению ассортимента полимерных композиционных материалов конструкционного назначения на базе отечественных полиамида 6, полиолефинов, особенно на основе волокнонаполненных полиамидов, полиамид/полиолефиновых смесей и новых типов огнестойких композитов. Основанием для этого является наличие огромного количества потребителей полиамидной продукции и ее большой ассортимент, освоенный мировыми фирмами (на базе алифатических ПА известно около 3500 разнообразных марок ПКМ).

Необходимо также существенное расширение ассортимента ПКМ на базе отечественных полиамида 6, полиолефинов, особенно на основе волокнонаполненных полиамидов, полиамид/полиолефиновых смесей и новых типов огнестойких композитов.

В связи с бурным развитием нанотехнологий необходимо пристальное внимание уделять исследованиям по созданию технологий полимерных наноккомпозитов, базирующихся предпочтительно на использовании отечественного полимерного сырья и нанонаполнителей отечественного производства (углеродные наноматериалы и органоглины, в том числе на базе белорусских природных ископаемых).

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ПОРИСТЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ БОРИДОВ ТИТАНА ПРИ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕМСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ СИНТЕЗЕ

¹Клубович В.В., ¹Кулак М.М., ¹Платонов Л.Л., ²Румянцева И.Н., ³Гусакова С.В.

¹ГНУ "Институт технической акустики НАН Беларуси", г. Витебск

²ГНУ "Физико-технический институт НАН Беларуси", г. Минск

³УО "Белорусский государственный университет", г. Минск

В настоящее время одним из перспективных способов получения тугоплавких неорганических соединений является метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), основанный на высоких значениях тепловыделения при химическом взаимодействии и термостабильности продуктов горения. Именно эти факторы определяют образование таких физико-химических структур конечных продуктов, которые способны выдерживать высокие тепловые, механические и химические нагрузки без изменения основных характеристик в широком диапазоне