- Varga J. Melting memory effect of the β-modification of propylene // Journal of Thermal Analysis. – 1986. – V. 31. – P. 165–172.
- Qing-Feng Yi, Xiao-Jing Wen, Jin-Yong Dong, Charles C. Han. A novel effective way of coprising a β-nucleating agent in isotactic polypropylene: Polymerized dispersion and polymer characterization // Polymer. – 2008. – V. 49. – Iss. 23. – P. 5053–5063.
- Jacoby P., Bersted B.H., Kissel W.J., Smith S.E. Studies of the β-crystalite form of isotactic polypropylene // J. Polym. Sci. Part B: Polymer Physics. – 1986. – V. 24. – P. 461–491.

Поступила 10.07.2012 г.

УДК 678.743.2

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ НОВОЙ МОДИФИКАЦИИ ТИТАН-МАГНИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРОПИЛЕНА

А.Р. Ионов, В.К. Дудченко, А.А. Трубченко, Д. Мунтеану*, И.И. Новошинский*, Э.А. Майер**

ООО «Томскнефтехим» *ЗАО «БАСФ», г. Москва **Томский политехнический университет E-mail: mea@tnhk.ru

Рассмотрены состав, свойства и основные области применения современных каталитических систем IV и V поколений для промышленного производства полимеров на основе пропилена. Для непрерывного суспензионного процесса синтеза полимеров в ООО «Томскнефтехим» исследована временная зависимость обмена реакторных сред. Выполнены сравнительные опытнопромышленные испытания модификаций катализатора LYNX с целью последующей в перспективе замены применяемой марки. В сопоставимых условиях наработаны партии базовых полимеров, для которых выполнен комплекс сравнительных исследований по молекулярной структуре и потребительским показателям качества. Сформулирован вывод о возможности замены применяемого титан-магниевого катализатора на новую модификацию, удовлетворяющую требованиям REACH.

Ключевые слова:

Титан-магниевые каталитические системы, полипропилен, суспензионная полимеризация пропилена.

Key words:

Ti-Mg catalytic systems, polypropylene, propylene suspension polymerization.

Промышленные каталитические системы (КС) IV поколения для полимеризации пропилена (ПП) на основе титан-магниевых катализаторов (ТМК) являются сложными соединениями, включающими следующие компоненты:

- твёрдый компонент ТМК, представляемый брутто-формулой (MgCl₂)x·(TICl₄)y·(D₁)z, где x, y, z стехиометрические коэффициенты, выраженные в массовых долях ингредиентов и изменяющиеся в пределах: x=0,75...0,84; y=0,06...0,09; z=0,1...0,16; D₁ «внутреннее» электронодонорное соединение (далее по тексту донор);
- алюминийорганический сокатализатор Al(Et)₃;
- стереорегулирующее соединение («внешнее» электронодонорное соединение) D₂ (далее по тексту донор).

На практике в качестве донора D_1 , как правило, применяются эфиры двухосновных органических кислот (фталаты, сукцинаты), в качестве донора D_2 используются алкил-, циклоалкил-, алкоксидные соединения кремния различного состава (преимущественно диметоксисиланы с изопропильными, циклопентильными и циклогексильными группами) [1].

От молекулярной структуры внутреннего донора зависит: распределение и местоположение молекул TiCl₄ на боковых гранях первичных кристаллитов (ламелей) MgCl₂; прочность связи между ламелями носителя; изоспецифичность КС и молекулярно-массовое распределение (ММР) полимера [2]. При этом наибольшая активность и изоспецифичность КС IV поколения обеспечиваются в большей мере оптимальным сочетанием внутреннего и внешнего донора, чем их индивидуальными свойствами. Молекулярная структура внешнего донора влияет на изоспецифичность КС, ММР и молекулярную массу полимера. Состав КС определяет свойства получаемого полимера и доступный марочный ассортимент продукции. При этом свойства конкретного ТМК зависят от выбранных соотношений AL/Ti и Si/Ti и молекулярной структуры внешнего донора [1, 3, 4]. В табл. 1 приведены составы основных типов промышленных КС, применяемых при выпуске наиболее востребованных марок продукции.

КС IV поколения далее по тексту условно обозначаются комбинацией «MgCl₂/TiCl₄/D₁–Al(Et)₃–D₂». Комбинации «MgCl₂/TiCl₄/фталат–AlR₃–алкоксисилан» являются в настоящее время наиболее распространёнными в производстве широкого ассортимента марок полимеров общего назначения: гомополимеры, статистические и гетерофазные сополимеры пропилена с этиленом, – характеризуемые средним MMP (M_w/M_n =7...8). В присутствии комбинации «MgCl₂/TiCl₄/сукцинат–AlR₃–алкоксисилан» получают марки ПП с широким MMP

Комбинация КС	Внутренний донор	Внешний донор	M _w /M _n	Применение
MgCl ₂ /TiCl ₄ /фталат-AlR ₃ -ал- коксисилан	Эфиры орто-фталевой кислоты	Диалкил,-диалкоксисилан	78	Общее назначение
MgCl₂/TiCl₄/сукци- нат=AlR₃=алкоксисилан	Эфиры янтарной кислоты	Диалкил,-диалкоксисилан	1215	Производство труб и ли- стовых профилей
MgCl ₂ /TiCl ₄ /диэфир-AlR ₃	2,2'-диалкил-1,3-диметоксипропан	отсутствует	55,5	Производство волокон

Таблица 1. Состав КС и области применения полимеров

 $(M_w/M_n = 12...15)$, высокой молекулярной массой и изотактичностью [4]. Соответствующие марки, отличающиеся повышенной кристалличностью и, как следствие, высоким модулем сдвига, более эффективны в производстве труб и листовых профилей. В то же время указанные комбинации «MgCl₂/TiCl₄/сложный эфир–AlR₃–алкоксисилан», применяемые во всех видах технологических процессов и обеспечивающие более 90 % мирового объёма производства ПП указанных марок, не достаточно эффективны в производстве волоконных марок ПП.

Значительный прогресс в исследовании фундаментальных закономерностей катализа с участием нанесённых катализаторов позволил разработать КС V поколения, включающие ТМК, содержащий в качестве внутреннего донора диэфир, в частности, 2,2'-диметил-1,3-диметоксипропан. Соответствующая КС – «MgCl₂/TiCl₄/диэфир-AlR₃», не содержащая внешний донор, позволяет получать ПП с относительно узким MMP ($M_w/M_p \approx 5$) и относительно низкой молекулярной массой [1, 3], что улучшает качество волоконных марок. ТМК V поколения имеют более высокую и стабильную активность по ходу полимеризации и характеризуются также более высокой чувствительностью к водороду как к активатору активности и как к регулятору молекулярной массы [5]. С другой стороны, катализаторы, содержащие сложный эфир в качестве внутреннего донора, имеют кинетические профили с существенным падением активности по ходу полимеризации. Последнее, по-видимому, связано как с побочной реакцией восстановления ионов титана в центах роста при взаимодействии с сокатализатором, так и с повышенной реакционной способностью сложного эфира (в сравнении с простым) в реакциях с активным компонентом ТМК и сокатализатором, в частности, с дезактивирующим взаимодействием гидридных связей титана в активных центрах с карбонильным кислородом эфира с образованием «Ті-О»-связей [6-8].

Установка полимеризации в ООО «Томскнефтехим» имеет две технологические линии и общий для них узел приготовления и дозирования компонентов КС. Поэтому при использовании конкретной КС возможен выпуск только соответствующих ей полимеров, указанных в табл. 1. Использование различных КС для диверсификации выпускаемого марочного ассортимента принципиально возможно и в данном случае, но этому неизбежно будут сопутствовать проблемы логистики. В ООО «Томскнефтехим» в результате модернизации производства внедрена КС IV поколения с применением ТМК марки Lynx 1010НА, успешно применяемая с начала 2010 г. и удовлетворяющая технико-экономическим требованиям к процессингу и качеству продукции [9, 10]. В качестве внутреннего донора данный катализатор содержит диизооктилфталат. По объективным причинам в 2012 г. возникла необходимость тестирования других модификаций ТМК с целью замены в перспективе применяемой марки вследствие запрещения REACH использования в составе ТМК ряда фталатов, в том числе диизооктилфталата. В связи с этим в Компании СИБУР выполнен мониторинг коммерческих типов ТМК, не ограничиваемых REACH к применению, и лабораторные тестирования, что позволило выбрать марки ТМК для сравнительных промышленных испытаний в идентичных условиях технологического процесса: применяемая промышленная марка Lynx 1010HA (далее по тексту – ТМК-І) и опытная марка Lynx NP-1010HA (далее по тексту – ТМК-II).

С целью исключения наработки переходных партий ПП и минимизации расхода опытной партии ТМК промышленные сравнительные испытания при наработке многотоннажных партий полимеров проводили в условиях непрерывного и стационарного режима процесса при последовательной замене дозирования предполимеризованных катализаторов: дозирование суспензии ТМК-II начинали непосредственно после завершения дозирования ТМК-І. При наработке каждой опытной марки полимера последовательно использовали два контейнера с ТМК-II (по 30 кг каждый) с тем, чтобы в случае проявления существенных отклонений в текстуре порошка полимера (уширение гранулометрического состава и/или снижение насыпной плотности) или других показателей качества, наблюдаемых для первого контейнера, внести необходимые изменения в условия предполимеризацинной обработки для второго контейнера ТМК-II.

Реакторы суспензионной полимеризации, оборудованные эффективными перемешивающими устройствами, относятся к аппаратам идеального смешивания. В отличие от реакторов идеального вытеснения, для которых время контакта совпадает с временем полного обмена реакторной среды, в непрерывных процессах с реакторами идеального смешивания обмен среды происходит значительно медленнее. Для корректности сравнения свойств полимеров количество опытной партии катализатора должно быть достаточным для достижения на выходе технологической линии требуемой степени обмена полимера от предыдущей партии ТМК на полимер, синтезированный в присутствии опытной партии. В связи с этим расчётные оценки временной зависимости степени обмена реакторной среды в последовательно расположенных аппаратах (первичный реактор, вторичный реактор, дегазатор, сборник суспензии, анализный бункер) представляют практический интерес.

Биноминальное выражение, характеризующее временную зависимость обмена реакторной среды, выведено на основе нижеуказанных допущений для дозирования и выгрузки компонентов.

$$T(\tau) = M_{\tau}/M_0 = [1 - \Delta M/M_s]^{\tau/\Delta \tau}, \qquad (*)$$

где $\alpha(\tau)$ – степень обмена реакторной среды, равная текущей доле ПП в реакторе, полученного в присутствии ТМК-I, от общей массы полимера M_0 ; M_{r} – текущая масса ПП, полученного в присутствии ТМК-I, в момент τ после начала дозирования ТМК-II; M_0 – стационарная масса ПП в реакторе, которая при $\tau=0$ полностью представлена полимером, полученным в присутствии ТМК-I; $\Delta M = \sum_{i} (\Delta m)_{i}$ – суммарная масса компонентов, равная сумме стационарных массовых расходов компонентов на входе в реактор за время $\Delta \tau$, при этом для каждого *i*-го компонента за время $\Delta \tau$ дозируется соответствующая порция $(\Delta m)_i$; M_s – стационарная масса суспензии в реакторе; $\Delta \tau - \phi$ иксированный промежуток времени, равный единице времени или другому достаточно малому промежутку; *т* – текущее время с момента начала дозирования в реактор опытной партии ТМК-II.

Выражение (*) применимо для первичного реактора полимеризации, на вход которого непрерывно дозируются исходные компоненты, а на выходе непрерывно выгружается суспензия полимера, при следующих допущениях: 1) операции дозирования всех компонентов (включая ТМК-II) и выгрузки суспензии осуществляются ступенчато равными порциями с массой $\Delta M = \sum_{i} (\Delta m)_{i}$ для каждого промежутка времени $\Delta \tau$; 2) в течение каждого промежутка $\Delta \tau$ выполняются три последовательные операции: (а) дозирование реагентов в количестве ΔM , (б) гомогенизация суспензии в реакторе, (в) выгрузка из реактора суспензии в том же количестве; 3) для каждого компонента значения $(\Delta m)_i$ и $\Delta \tau$ связаны между собой выражением для его массового расхода на входе в реактор $(\Delta m)_i/\Delta \tau$, задаваемого производственным персоналом.

Простой вывод выражения (*) для краткости изложения не приводится.

Установлено, что для производственных значений $\Delta M/\Delta \tau$ и M_s выражение (*) удовлетворительно описывает непрерывный процесс обмена среды для $\Delta \tau \leq 0,3$ ч, так как результаты расчёта при этом слабо зависят от величины $\Delta \tau$ и, следовательно, выражение (*) соответствует условию непрерывности дозирования и выгрузки. При увеличении $\Delta \tau > 0,3$ ч из расчёта следует, что величина $\alpha(\tau)$ уменьшается быстрее и существеннее зависит от $\Delta \tau$.

Результаты расчёта $\alpha(\tau)$ для первичных реакторов технологических линий «А» и «В» совпадают.

На рис. (кривая 1) представлены результаты расчёта на основе выражения (*) степени обмена реакторной среды первичного реактора линии «В» для $\Delta \tau = 0.16$ ч, $\Delta M = 1200$ кг/ч, $M_s = 25000$ кг.





Обмен реакторных сред в последующих аппаратах происходит с замедлением вследствие поступления на вход каждого последующего аппарата суспензии полимера из предыдущего в соответствии со сдвигом во времени. На рисунке кривые 2–5 характеризуют расчётные зависимости $\alpha(\tau)$ для вторичного реактора, дегазатора, сборника суспензии и анализного бункера соответственно с учётом значений $\alpha(\tau)$ в составе суспензий, поступающих на вход каждого аппарата, массы суспензий в аппаратах и вышеуказанных допушений. Относительная погрешность расчётов составляет ± 10 %. Видно, что в стационарных условиях процесса через 12 ч с момента начала дозирования ТМК-II доля полимера в анализном бункере, относящаяся к ТМК-І, составляет ~20 мас. %, через 15 и 18 ч ~8 и 5 мас. % соответственно. Экспериментальное сравнение свойств проб порошков из анализного бункера и гранулятов, отобранных через 12, 15 и 20 ч после начала дозирования TMK-II не выявило заметных отличий. Таким образом, технологически допустимое время для удовлетворительного обмена среды на выходе из технологической линии в данном случае составляет не менее 12 ч, а через 16 ч является достаточным для практически полного обмена среды на выходе линии. Результаты расчёта использованы для определения массы опытных партий ТМК и исключения выпуска переходных партий полимеров, связанных с остановом линии и опорожнением реакторов.

В табл. 2 и 3 представлены технологические параметры процессинга при сравнительных испытаниях вышеуказанных модификаций ТМК. Управление параметрами реакторов полимеризации осуществлялось в регламентных условиях производственного и аналитического контроля.

	Модификации ТМК марки Lynx					
	101	AHC	NP-1010HA			
Параметры и показатели процесса (линия «А»)	Реакторы					
	Первичный	Вторичный	Первичный	Вторичный		
Температура, °С	70	70	70	70		
Давление, атм	7,5	3,8	7,5	3,9		
Расход ТЭА, кг/ч	3,5	-	3,8	-		
Расход донора, кг/ч	0,18	-	0,20	-		
Расход пропилена, кг/ч	5100	-	5600	-		
Расход растворителя, кг/ч	5400	-	5900	-		
Содержание водорода в газовой фазе, об. %	0,50	0,22	0,48	0,20		
Концентрация растворимой фракции ПП, г/л	2,5	2,5	2,6	2,6		
Выход ПП, кг _{пп} /г _{тмк}	17,5	20,0	18	19,5		
Растворимые в ксилоле, мас. %	1	1,9 2,		,0		
Показатель текучести расплава, г/(10 мин)	3,1 3,		,0			
Насыпная плотность порошка, г/л	545 54		43			

Таблица 2. Показатели сравнительных промышленных испытаний при выпуске полипропилена марки PPH030GP общего назначения

Таблица 3. Показатели сравнительных промышленных испытаний при выпуске статсополимера пропилена и этилена марки PPR007EX

	Модификации ТМК марки Lynx					
Параметры и показатели процесса (линия «В»)	1010	HA	NP-1010HA			
Парамстры и показатели процесса (липия «в»)	Реакторы					
	Первичный	Вторичный	Первичный	Вторичный		
Температура, °С	50 50		50	50		
Давление, атм	4,5	6,7	4,5			
Расход ТЭА, кг/ч	2,6	-	2,5	-		
Расход донора, кг/ч	0,54	-	0,52	-		
Расход пропилена (С₃), кг/ч	3400	-	3350	-		
Расход этилена, кг/час	72,0	28,0	70,6	28,0		
Расход растворителя (С7), кг/ч	4200	-	4150	-		
Содержание водорода в газовой фазе, об. %	0,28	0,08	0,27	0,07		
Содержание этилена в газовой фазе, об. %	1,56	1,56	1,55	1,61		
Концентрация растворимой фракции ПП, г/л	3,5	3,6	3,5	3,6		
Выход СПЭ, кг _{спэ} /г _{тмк}	13,5	15,0	14,0	15,5		
Растворимые в ксилоле, %	9,	2	9,	5		
Содержание этиленовых звеньев, мол. %	3,2		3,1			
Показатель текучести расплава, г/(10 мин)	0,36		0,3	,37		
Насыпная плотность порошка СПЭ, г/л	545 543			3		
Гранулометрически	й состав порошка	СПЭ				
Размеры сит, мкм	мас. %					
630	3,23		4,96			
400	3,27		3,66			
315	10,05		9,01			
200	64,09 44,72		72			
160	11,74		28,	28,01		
63	7,3	37	8,87			

Основная функция вторичного реактора состоит в конверсии растворённого пропилена, что снижает нагрузку в секции рекуперации мономера. Для исключения наработки бимодальных полимеров необходимо во вторичном реакторе поддерживать состав среды близкий к первичному для стабилизации значений показателя текучести расплава (ПТР) и состава статсополимера (СПЭ) пропилена и этилена. Видно, что параметры процесса обеспечивают одинаковый состав реакционной среды. По данным аналитического контроля практически совпадают следующие показатели: ПТР, концентрация фракции, растворимой в ксилоле, концентрации водорода и этилена в газовой фазе реакторов, состав статсополимера.

В табл. 4 и 5 приведены результаты анализов методом ЯМР-¹³С микроструктуры макромолекул для опытно-промышленных партий полимеров. Установлено: а) молярные доли стереоизомерных пентад различных конфигураций в сравниваемых гомополимерах достаточно близки, что указывает на аналогию в стереоспецифичности и региоспе-

цифичности модификаций ТМК (табл. 4); б) для партий СПЭ практически совпадают брутто-составы и молярные доли соответствующих последовательностей (триад и диад) сомономерных звеньев (табл. 5). Последнее является следствием близкой сополимеризующей способности модификаций ТМК, что независимо подтверждается аналитическим контролем содержания этилена в газовой фазе реакторов (табл. 3).

Последовательности сте-	Доля пентад, мол. % Модификации ТМК марки Lynx			
реоизомерных пентад	1010HA	NP-1010HA		
mmmm	94,72	94,67		
mmmr + rmmr	1,96	1,90		
mmrr + mrmm + rmrr	1,84	1,75		
mrmr + rrrr	0,70	0,77		
rrrm + mrrm	0,78	0,91		

Таблица 4. Микроструктура полипропилена PPH030GP

Табл. 6 иллюстрирует типичные потребительские свойства опытно-промышленных партий PPH030GP и PPR007EX, установленные для обеих модификаций TMK. В пределах допустимых погрешностей методов испытаний опытные и промышленные партии СПЭ характеризуются одинаковыми значениями характеристик физико-механических и теплофизических свойств, молекулярно-массового распределения.

Следует отметить, что, в отличие от газофазных процессов и процессов в жидком мономере, для марочного ассортимента полипропилена, синтезированного в условиях суспензионного процесса, наблюдается тенденция сужения ММР до $M_{\rm w}/M_{\rm n}$ =4...6 [11]. Возможные причины — дезактивация части центров роста при их взаимодействии с ингибирующими примесями в составе растворителя, а также экстракция растворителем низкомолекулярных и пониженной тактичности полимерных цепей.

Таблица 5. Микроструктура статсополимера PPR007EX

	Доля последовательно- сти звеньев, мол. %		
Последовательности звеньев	Модификации ТМК марки Lynx		
	1010HA	NP-1010HA	
Распределение тр	иад		
РРР	88,1	89,4	
PPE	6,7	5,8	
EPE	0,6	0,5	
PEP	3,0	2,9	
EEP	1,1	1,0	
EEE	0,5	0,4	
Распределение ди	иад		
РР	91,5	92,3	
PE	7,5	6,8	
EE	1,0	0,9	
Степень случайности: r _E r _P =4[<i>EE</i>][<i>PP</i>]/[<i>PE</i>] ²	6,5	7,2	
Доля Р-звеньев в составе сополимера	95,5	95,7	
Доля Е-звеньев в составе сополимера	4,5	4,3	

*г*_Е и *г*_Р − константы сополимеризации, *Р* − звено пропилена, *Е* − звено этилена.

Таблица 6. Потребительские свойства промышленных партий полимеров

	Модификации ТМК марки Lynx					
Показатоли	1010HA		NP-1010HA		Маталиниститаций	
Показатели	Марки полипропилена			методы испытании		
	PPH030GP	PPR007EX	PPH030GP	PPR007EX		
Показатель текучести расплава, г/(10 мин)	3,0	0,36	3,0	0,37	FOCT 11645	
Предел текучести при растяжении, МПа	34,0	25	34,0	25		
Прочность при разрыве, МПа	21,0	29,4	21,0	29,0		
Относительное удлинение при разрыве, %	>400	570	>400	570	FOCT 11262	
Относительное удлинение при пределе теку- чести, %	10	16	10	18		
Модуль упругости при изгибе, МПа	1520	800	1500	820	ГОСТ 9550	
Ударная вязкость по Изоду при 23 °С, кДж/м² (образцы с надрезом)	3,2	12,5	3,1	13,0	FOCT 19109	
Индекс желтизны YI, отн. ед.	79,5	79,4	79,6	78,8	TY 2211-103-70353562-2010	
Температура 2-го плавления, °С	162,7	145,4	162,4	146,2	ДСК*	
Температура кристаллизации, °С	112,0	99,8	112,2	101,5		
Характеристики ММР						
<i>М</i> _п (среднечисленная мол. масса)		92550		94200		
<i>М</i> _w (среднемассовая мол. масса)		622400		613300	ГПX * *	
M _w /M _n		6,73		6,51		

* ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия, прибор « NETZSCH DSC 200 F3».

**ГПХ – гель-проникающая хроматография, прибор «Waters 150 С».

Выводы

- Проведённые сравнительные промышленные испытания новой модификации титан-магниевых катализаторов NP-1010HA при производстве базовых марок полипропилена и статистического сополимера пропилена с этиленом показали применимость основных технологических параметров для обеспечения производительности процесса и качества продукции.
- Выполненные анализы микроструктуры макромолекул, ММР, теплофизических и физико-механических показателей полимеров свидетель-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Albizatti E., Gianini U., Morini G., Galimberti M., Barino I., Scordamaglia R. Recent Advances in Propylene Polymerization with MgCl₂-supported Catalysts // Macromolecular Symposia. – 1995. – V. 89. – № 1. – P. 73–76.
- Gianini U. Polymerization of olefins with High-Activity Catalyst // Makromolekulare Chemie – Macromolecular Chemistry and Physics. – 1981. – V. 5. – № 1. – P. 216–229.
- Lie B.P., Nitta T., Nakatani H., Terano M. Stereospecific Nature of Active Sites on TiCl₄/MgCl₂ Ziegler–Natta Catalyst in the Presence of an Internal Electron donor // Macromolecular Chemistry and Physics. – 2003. – V. 204. – № . 3. – P. 395–402.
- Lie B.P., Nitta T., Nakatani H., Terano M. Presize Arguments on the Distribution Active Sites on MgCl₂-Supported Ziegler–Natta Catalysts // Macromolecular Symposia. – 2004. – V. 213. – № 1. – P. 7–18.
- Busico V., Cipullo R. Microstructure of polypropylene // Progress in Polymer Science. – 2001. – V. 26. – № 3. – P. 443–533.
- Keii T., Suzuki E., Tamura M., Doi Y. Propylene Polymerization with a Magnesium Cloride-Supported Ziegler Catalyst. 1. Principal Kinetics // Makromolekulare Chemie – Macromolecular Chemistry and Physics. – 1982. – V. 183. – № 10. – P. 2285–2304.
- Busiko V., Corradini P., Ferraro A., Proto A. Polymerization of propene in the Presence of MgCl₂-Supported Ziegler–Natta Catalysts

ствуют о близких характеристиках модификаций титан-магниевых катализаторов Lynx 1010НА и NP-1010НА — стереоспецифичности и активности, сополимеризующей способности, значениях констант реакции переноса цепи с водородом.

 Для постановки на производство новой модификации титан-магниевых катализаторов в перспективе целесообразна наработка и аналогичные исследования всего марочного ассортимента продукции, а также испытания в переработке у потребителей.

// Makromolekulare Chemie – Macromolecular Chemistry and Physics. – 1986. – V. 187. – No 5. – P. 1125–1130.

- Noristi L., Barbe P.C., Baruzzi G. Effect of the Internal/External Donor Pair in High Yield Catalyst for propylene polymerization. 1. Catalyst–Cocatalyst Interaction // Die Makromolekulare Chemie. – 1991. – V. 192. – № 5. – P. 1115–1127.
- Майер Э.А., Ионов А.Р., Аркатов О.Л., Зыков В.В., Коваль Е.О., Дудченко В.К. Модернизация технологии производства полипропилена // Пластические массы. – 2011. – № 11. – С. 14–17.
- Майер Э.А., Коваль Е.О., Климов И.Г. Совершенствование процесса производства полипропилена по суспензионной технологии в ООО «Томскнефтехим» при внедрении новых каталитических систем // Катализ в промышленности. – 2011. – № 5. – С. 75–80.
- Скворцевич Е.М., Коваль Е.О., Мацько М.А., Майер Э.А. Сравнительная оценка молекулярно-структурных характеристик полипропилена при синтезе марочного ассортимента на различных каталитических системах // Пластические массы. – 2011. – № 11. – С. 39–41.

Поступила 18.06.2012 г.