

ISSN 2091-5527  
№ 1/2025

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

Table 2 presents the corresponding Gibbs energies of reduction chemical reactions in the presence of carbon in the temperature range of 50-1300°C, and the probability of occurrence of all endothermic reactions increased with increasing temperature. For example, in the recovery reaction of copper lower oxide (reaction 1), the Gibbs energy is at 150° C, in the recovery reaction of iron lower oxide (reaction 2), the Gibbs energy is at 750 °C, in the recovery of fayalite (reaction 3), Gibbs energy is at 800°C, in the recovery of fayalite in the presence of lime ( reaction 4) and the Gibbs energy at 400°C becomes negative, that is, the recovery

reactions of metal oxides in the slag begin to sprout at these specified temperatures.

**Conclusion.** Since the reduction reaction of fayalite ( $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) in the presence of carbon is endothermic, increasing the temperature increases the reaction rate. However, due to the fact that the addition of lime ( $\text{CaO}$ ) to the system binds the  $\text{CuO}_2$  formed from the recovery of fayalite, it was concluded that it is appropriate and economically important to organize the recovery process with the participation of lime, and the temperature of 1300°C was chosen as the optimal temperature for general carbothermic reactions.

### References:

1. Khozhiev Sh.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov U.A. Some thermodynamic aspects of the reduction of magnetite in the presence of carbon //Universum: technical science: electronic scientific journal, 2021. No. 3 (84), - С 1-5.
2. Tagaev I.A. Theoretical and practical aspects of studying Angren brown coal as a possible material for obtaining sorbents. "Young Scientist". № 23 (209) . June 2018. P.13-17.
3. Matkarimov, S. T., Yusupkhodjayev, A. A., Berdiyarov, B. T., Nosirkhujayev, S. Q. U., & Matkarimov, Z. T. (2020). Technology of deep processing of copper slags by method of active thermal gravity. International Journal of Advanced Science and Technology, 29(3), 5633-5639.

**С.Т. Маткаримов**

**Ш.А. Мухаметжанова,**

**С.К. Носирходжаев,**

**К.Т. Очилдиев**

**О.У. Нуралиев**

**Ж.Б. Исмоилов**

ТошДТУ, т.ф.д. “Металлургия” кафедраси профессори

PhD, доцент ТошДТУ “Металлургия” кафедраси доценти

PhD, доцент ТошДТУ “Металлургия” кафедраси мудири

PhD, доцент ТошДТУ “Металлургия” кафедраси доценти

PhD, доцент ТошДТУ “Металлургия” кафедраси катта ўқитувчиси

ТошДТУ “Металлургия” кафедраси докторанти

УДК 547.49/543.632

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ОТВЕРЖДЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПОЛИУРЕТАНОВ

**Сафаров А.М., Тураев Х.Х., Аликулов Р.В., Хужамуродов Ш.Э., Киёмов Ш.Н.**

**Аннотация.** В данной исследовательской работе изучено влияние режима отверждения на степень полимеризации полиуретана, полученного на основе карбамида и глицерина. Эксперименты показали, что с увеличением длительности отверждения у образцов фталевого ангидрида и полиуретанового полимера увеличивается. Образец ПУ-1 показывает высокие антифрикционные свойства.

**Ключевые слова:** глицерин, карбамид, олигомер, полиуретан, фталевый ангидрид, базальтовый минерал, прочность, эластичность, длительность отверждения.

**Введение.** В химическом промышленности одно из важнейших направлений является повышение качества и не вредности материалов, из которых делаются машины и механизмы для различных отраслей промышленности. Учитывая это, важно разработать экологически безопасные методы получения новых материалов на основе полимерных соединений. Многие алифатические и ароматические изоцианаты являются весьма токсичными соединениями и, обладая повышенной летучестью, требуют особых мер предосторожности при работе с ними [1, с.12-20]. Замена обычных изоцианатов на так называемые скрытые изоцианаты

позволяет в значительной степени устранить вышеуказанные затруднения [2, с.671-710]. В качестве скрытого изоцианата может рассматриваться органическое вещество, способное при высокой температуре распадаться с образованием свободного изоцианата [3, с.22-100].

В результате реакции сополимеризации скрытые изоцианаты в большинстве случаев способны к реакциям поликонденсации с отщеплением низкомолекулярных, малореакционноспособных соединений, блокирующих изоцианатные группы в скрытых изоцианатах. Это обстоятельство в некоторой

степени затрудняет использование скрытых изоцианатов [4, с. 12-17].

Возможность практического использования того или иного скрытого изоцианата определяется прежде всего той температурой, при которой он становится реакционноспособным. При этом возможно, как прохождение реакции с предварительной диссоциацией скрытого изоцианата на свободный изоцианат и блокирующий агент. Соответственно различают температуру

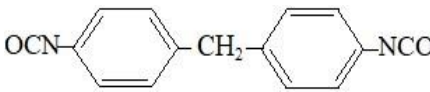
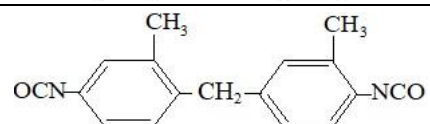
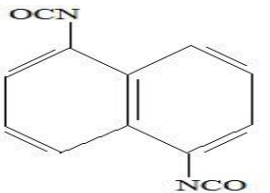
термической диссоциации скрытого изоцианата и его температуру обменного разложения [5].

Изоцианаты в процессе синтеза полиуретанов кроме уретановой группы могут образовывать в небольших количествах и другие группы: арил - и алкилкарбамидные, биуретовые, уретидиндионные, аллофанатные, триизоциануратные [5, с.288; 6, с.36-39].

В Таблице 1 приведены свойства распространенных диизоцианатов, применяемых в качестве исходного сырья для получения полиуретанов [5, 6].

Таблица 1

Основные диизоцианаты применяемых для получения полиуретанов

№	Название диизоцианатов	Структурная формула	Темп. плавл, °С	Темп кип, °С
1	Диизоцианат гексаметилен	$\text{OCN}-(\text{CH}_2)_6-\text{NCO}$	-	93-95
2	4,4'-Диизоцианат дифенилметана		37-38	191-193
3	4,4'-Диизоцианат 2,3-диметилдифенил метана		30	193
4	Диизоцианат 1,5-нафтилена		130-132	-

Независимо от способа отверждения, с помощью отвердителей или в результате поликонденсации в реальных условиях, все раскрытые связи реакционноспособных функциональных групп не могут соединиться с образованием одного пространственного макромолекулярного каркаса. Поскольку при отверждении возможны реакции обрыва цепи, резко проявляются стерические препятствия, экранирующие действие кооперативных фрагментов сетки. Всё это приводит к неравномерности процесса отверждения в различных микрочастьях олигомера. Однако, обнаружены более высокие степени отверждения термореактивных полимеров при исследовании механизмов отверждения более разветвленных олигомеров с крайними реакционноспособными группами [6, с.623].

При отверждении возникают пространственные надмолекулярные частицы, отличающиеся размером и числом химических связей, соединяющих их. А также, степень неоднородности физической структуры и морфология влияют на диффузию, сорбцию, сопротивление полимера воздействию механической, тепловой и электрической энергий и их причиной являются нижеприведенные причины:

- процесс структурообразования начинается ещё на первой стадии, до начала отверждения олигомера. Это объясняется дисперсностью связующего и наличием в его молекулах полярных групп.

- отверждение начинается с образования поперечных связей в матрицах и сопровождается возникновением различных по размерам надмолекулярных структур с меньшей степенью отверждения.

- в конечном счете свойства сетчатого полимера зависят от типологических особенностей сетки в структурной области и от особенностей надмолекулярных образований [7].

Продолжительность и условия отверждения влияют на молекулярную структуру сетчатых полимеров. Возрастание времени гелеобразования способствует агрегации первичных глобул в более крупные ассоциаты и более глубокому протеканию процесса микросинерезиса. При отверждении олигомеров реакционноспособными олигомерами возможно протекание конкурирующих процессов образования поперечных химических связей и реакции полиприсоединения с образованием проходных цепей между глобулами и их агрегатами и частичной перестройкой надмолекулярной

структуры в период от момента гелеобразования (30-60% сетчатой части) до полной монолитизации (85-95% гель-фракции) [8].

На поздних стадиях отверждения, когда за счёт взаимодействия неиспользованных или вновь образовавшихся реакционноспособных функциональных групп, например, вторичных гидроксильных групп, возникают дополнительные узлы, возможно резкое возрастание внутренних напряжений и появление микротрещин, снижающих прочность полимера. Таким образом, физико-механические свойства сетчатых полимеров зависят от организации их молекулярной сетки, то есть топологической структуры и морфологии надмолекулярной структуры.

**Метод.** В качестве основных реагентов для синтеза олигоуретанов применяли карбамид, глицерин и базальт. При исследовании применены классические химические методы синтеза, а при обсуждении использованы метод сравнения и стандартными образцами. Физико-химические и механические свойства полиуретана исследована с помощью физико-химических приборов, такие как для определения вязкости растворов полимеров использовали капиллярные вискозиметры Оствальда [12].

**Экспериментальная часть.** В колбу всыпают 40 г карбамида и 35 г глицерин подключают нагрев и настраивают термореле на 115°C. Как только смесь начинает расплавляться включают механизм перемешивания и при перемешивании прокапывают 18 г глицерин, не снижая

температуру реакционной массы ниже 55°C. После доливания глицерин, продолжают перемешивать массу в течение 15 минут. Далее на протяжении 60 минут поднимают температуру реакционной массы до 125°C. В это время приготавливают водный раствор карбамида. Для этого в коническую колбу помещают 22 г карбамида, наливают 8 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,5 Н. Затем, когда температура реакционной массы достигнет 125°C, в капельную воронку наливают предварительно приготовленный водный раствор карбамида. Во время вливания раствора в колбу, температура реакции снижается до 110°C. После того, как раствор полностью вылит, реакцию продолжают при той же температуре, в смесь добавляют 50 г базальтового порошка и перемешивают в течение 30 минут. Полученный полиуретан представляет высоковязкую жидкость светло-коричневого цвета. Данный олигомер хорошо растворяется в полярных растворителях. Выход 63%.

#### Обсуждения результатов исследования.

Для исследования влияния режима отверждения на степень полимеризации эпоксиуретанового терморезактивного полимера применено два вида отверждения: холодное (при комнатной температуре) и горячее (при 90°C).

Длительность отверждения установлена путем определения содержания нерастворимой части в полимере. Эксперименты проводились в аппарате Сокслета. По полученным данным составлена таблица 2.

Таблица 2

Результаты экстракции полиуретанового полимера марки ПУ-1

Образцы, №	Длительность отверждения, час	До экстракции			После экстракции		Массовая доля гель-фракции в полимере, %
		Масса фильтра, г	Масса фильтра и навески, г	Масса навески, г	Масса фильтра и навески, г	Потеря массы, г	
Образцы после горячего отверждения							
1	0,5	0,6421	1,2632	0,5211	1,1526	0,2106	66,10
2	1	0,6354	1,2478	0,5124	1,2339	0,1139	81,40
3	2	0,6462	1,2633	0,5171	1,3208	0,0425	93,11
4	3	0,6457	1,2588	0,5131	1,3222	0,0366	94,03
Образцы после холодного отверждения							
1	4	0,6451	1,2872	0,5421	0,9648	0,4224	34,21
2	6	0,6412	1,8830	0,5418	1,5881	0,3949	38,47
3	8	0,6511	1,2909	0,5398	1,0653	0,3256	49,10
4	12	0,6381	1,2832	0,5451	1,1334	0,2498	61,28

Результаты экспериментов с полиуретановыми полимерами, представленные в таблице 2, показывают, что в полиуретановых терморезактивных полимерах марки ПУ-1 при горячей сушке активно развивается гелеобразование и достигает 91%, соответственно, но затем резко замедляется. Причиной низкой отверждаемости ПУ-1

является нестехиометрическое соотношение реакционноспособных функциональных групп олигоуретана и фталевого ангидрида. В надмолекулярной структуре полученного полимера присутствуют олигомеры, не принявшие участия в процессе сшивания.

**Вывод.** Синтезирован новый полиуретановый олигомер, содержащих в своем

<b>Сафаров А.М., Тураев Х.Х., Аликулов Р.В., Хужамуродов Ш.Э., Киёмов Ш.Н.</b> Влияние режима отверждения на степень полимеризации полиуретанов .....	90
<b>Гафуров Д.Н., Каримова Г.Ш., Бозорова Н.Х.</b> Получение полимерных композиционных материалов на основе различных полимеров и изучение их свойств .....	93
<b>Bo'rixonov B.X., Panjiyev A.X., Murodova J.Q., Xidirov Sh.B.</b> Xitozan asosida to'rtlamchi ammoniy tuzlari sintez va ularning biologik faolligi .....	97
<b>Ismatov J.F., Djalilov J.X., Qodirov S.M., Asqarov J.A.</b> Muqobil kompozit yonilg'idan vodorod ishlab chiqarish uchun vodorod elektrolezyori (generatori) qurilmasi .....	100
<b>4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов</b>	
<b>Yuldoshev B.A., Abdumalikova X.B., Pulatov X.L., Mengliyev Sh.Sh., Igamkulova N.A.</b> Neft va gazni qayta ishlash sanoat korxonalarini oqava suvlarini tozalashda biosorbtsiya usulini qo'llashning ahamiyati .....	103
<b>Saynazov J.Kh., Mirzakulov Kh.Ch., Matchanov Sh.K., Jumaniyazova Kh.K.</b> Prospects of obtaining new products by forced carbonization of production wastes .....	105
<b>Мирзаахмедова М.А., Эргашов Ж.Р., Омонов Ш.А., Тошматов Д.А., Исмаилов Б.М.</b> Устойчивость и экологическая пригодность композиций моторных топлив: аспекты синтеза, технология и эксплуатация .....	108
<b>Madaminov D.K., Yunusov M.Yu., Ruzmetova A.Sh.</b> Study of properties of barhanna sands of Kushkuyur deposit for production of heat-resistant composite based on them .....	111
<b>Eminov A.M., Xokimov A.E.</b> Keramik massalar tarkibida neft shlamidan foydalanish .....	113
<b>Matkarimov S.T., Mukhametdjanova Sh.A., Nosirxojaev S.Q., Ochildiev Q.T., Akramov U.A.</b> Thermodynamics of the process of reducing iron-containing components in copper slag using carbon oxide .....	116
<b>Соатов Б.Ш., Хасанов А.С., Хакимов К.Ж.</b> Научно-теоретический анализ исследований по обогащению полиметаллических руд Хандизы .....	118
<b>Вапаев М.Д., Тешабаева Э.У., Эргашева Х.Т., Боборажабов Б.Н., Исмаилова Л.А.</b> Модификация минеральных наполнителей методом закрепления металлокомплексных соединений .....	122
<b>Ismatov J.F., Djalilov J.X., Qodirov S.M., Asqarov J.A.</b> Yengil avtomobil dvigatellarining ekspluatatsion ko'rsatkichlarini muqobil kompozitsion yonilg'ilar qo'llash orqali yaxshilash .....	125
<b>5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов</b>	
<b>Рахмонова У.Т., Эргашев М.А., Махситалиева Л.О.</b> Олтин таркибли эритмани кўшимча унсурлардан тозалаш усуллари .....	129
<b>Rosilov M.S., Beknazarov H.S., Saparov S.X.</b> Modifikatsiyalangan oltingugurtli fizik-kimyoviy xossalari tadqiqi .....	131
<b>Fayziyev J.B., Djalilov A.T., Yodgorov N.</b> Modifikatsiyalangan mis ftalosiyani pigmentining <sup>1</sup> H YaMR va <sup>13</sup> C YaMR spektri tahlili .....	135
<b>Эминов А.М., Кадирова З.Р., Жуманов Ю.К., Эминов Аф.А.</b> Рентгенофазовый анализ Алтынтауских каолинов .....	137
<b>Xujamberdiyev Sh.M., Arifdjanova K.S., Mirzaqulov X.Ch.</b> Kalsiy-ammoniy polifosfat olish jarayonining fizik-kimyoviy tahlili .....	143
<b>Абдувохидов И.Қ., Холбоев Ю., Губайдуллин Р.Ш.</b> Иккиламчи полиэтилентерефталатдан бисгидроксиэтилентерефталат синтези ва унинг ўртача молекуляр массасини аниқлаш .....	146
<b>Жуманиязов А.Б., Тураходжаев Н.Д., Тухтамуродов Б.Т., Сабиров М.З.</b> Получение качественной шероховатости поверхности литейных изделий благодаря модификации оси Z на 3D принтере .....	151
<b>Rosilov M.S., Beknazarov H.S.</b> AG-1S markali modifikatorning olish va uning tuzilishini o'rganish .....	152
<b>Нуркулов Э.Н.</b> Акрил-стирол сополимер эмульсияси асосида олинган композитнинг каварикланиш коэффициентини ўрганиш .....	158
<b>Turaxodjayev N.D., To'rayev A.N., Axmedova M.E., Nosirxo'jayev I.S.A., Murodqosimov R.X., Xudayarov A.Sh.</b> ADC 12 markali alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun gaz pechlariga qoplangan o'tga chidamli materiallarni yeyilish bardoshlilikini sinash .....	159
<b>Машаев Э.Э., Абсалямова Г.М., Хакимова Г.Р., Жумаев Д.К.</b> Применение метода ЯМР для изучения структуры бис-карбамата .....	163
<b>Ergashev A.Sh., Yettibayeva L.A., Abduraxmanova U.K., Matchanov A.D.</b> Mentolning ba'zi aminokislotalar bilan yangi hosilalari sintezi va ularning tuzilishini tadqiq qilish .....	166
<b>Мелиев В.М.</b> Лабораторный стенд для определения объемного износа лап культиватора почвообрабатывающих машин .....	170
<b>Bosimova M.B., Umirov N.S., Tashbayeva F.K., Ermatova A.A.</b> (4-((4-(3-(2-arsano-4-nitrofenil)tria-2-enil)fenil)diazenil)benzosulfo natriy reagenti miqdorini immobillanishga ta'siri .....	172
<b>6. Проблемные обзоры</b>	
<b>Yoqubov O.M.</b> Qiyin boyitiluvchi ma'danlar va texnogen chiqindilarni qayta ishlashning innovatsion yo'nalishi. 174	174