

3. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие: В 2-х кн., Кн.2. -М.: Машиностроение, 1988. -544с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х томах, Т.3. -М.: Машиностроение, 1978. -558 с.
5. Лепетов В.А. Резиновые технические изделия. – изд. 2-е, перераб. и доп.: -М. -Л: Химия, 1965. -472с.
6. Горелик Б.М. Применение резин в современном машиностроении // Резина – конструкционный материал современного машиностроения. -М.: Химия,1967. -С. 9-31.
7. Кошелев Ф.Ф., Корнев А.Е., Буканов А.М. Общая технология резины. -М.: Химия, 1978. -528с.
8. Аверко-Антонович Ю.С., Омельченко Р.Я., Охотина Н.А., Эбич Ю.Р. Технология резиновых изделий: Учебное пособие для вузов/Под ред. И. А. Кирпичникова. -Л.: Химия, 1991. -352с.
9. Хорольский М.С. Основные направления научных исследований института // Каучук и резина. -1991. -№6. -С. 3-5.
10. Конгаров Г.С., Лысенкова Л.Н., Шляхман А.А. К вопросу бездефектного изготовления РТД методом литья под давлением // Проблемы повышения качества резин и резиновых технических изделий. Сб. трудов. -М.: НИИРП, 1976. -№1. -С. 131–144.
11. Пенкин Н.С. Гуммированные детали машин. - М.: Машиностроение, 1977. -200с.
12. Жеребков С.К. Крепление резины к металлам. - М.: Химия, 1966. -347с.
13. Дырда В.И. Прочность и разрушение эластомерных конструкций в экстремальных условиях. –Киев: Наук. думка, 1988. -232с.
14. ГОСТ 209. Резина и клей. Методы определения прочности связи с металлом при отрыве. – Переиздат, 1978.
15. А. С. №1341587 СССР, МКИ G01 N33/44. Способ определения прочности клеевого соединения резины с металлом / Хорольский М.С., Балашов А.П. -№3822521; заявл. 10.12.84; –Опубл. 30.09.87, Б.И. №36.
16. А. С. №1643142 СССР, МКИ B29 S67/18. Способ изготовления резинометаллических изделий / Хорольский М.С.; -№4646338; заявл. 02.02.89; – Опубл. 23.04.91; Б.И. №16.
17. А. С. №1729781 СССР, МКИ B29 S31/00, B29 S67/16. Способ изготовления резинометаллических изделий / Хорольский М.С., Чернухина А.Ф. -№4833029; заявл. 09.04.92; – Опубл. 30.04.92; Б.И. №16.

ПОЛИУРЕТАНЫ – ШИРОКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ, БОЛЬШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

**Данильченко А.П., Данильченко Д.А., Полищук Л.Я.,
УНИКТИ «ДИНТЭМ», г. Днепропетровск**

Полиуретаны - широко распространенный класс полимерных материалов. Еще в 1980 году мировое производство полиуретанов достигло ~5% производства всех пластмасс [1]. В последние десятилетия их производство во всем мире неуклонно растет, при этом годовой прирост производства по прогнозам специалистов в течение ближайших пяти лет составит около 5% в год. Согласно сообщению Общества Промышленности Пластмасс использование полиуретана в США в 1994-1996 г.г. увеличилось на 7% и продолжает расти. Прогнозируется, что к 2005 году мировой спрос на полиуретаны увеличится на 30% по сравнению с 1999 годом [2].

Такая популярность полиуретанов объясняется особенностью их потребительских свойств, которые могут варьироваться в широких пределах с целью максимального удовлетворения запросов потребителей. Полиуретаны относятся к полимерам с регулируемой структурой, так как содержат жесткие сегменты, образуемые уретановыми и мочевиными связями, и гибкие сегменты, образуемые сложноэфирными и простыми эфирными связями. Это позволяет реализовать множество самых различных сочетаний с таким разнообразием строения, какое не наблюдается ни у одного из других классов полимеров [3]. В итоге на основе исходных соединений одной и той же природы (полиизоцианатов и полимердиолов) могут быть получены важнейшие в техническом отношении различные типы полимеров: пластмассы, эластомеры и волокна [4].

Из физико-механических свойств полиуретанов прежде всего отметим высокий модуль Юнга при твердости по Шору А 85-95, т.е. в том диапазоне, где у других эластомерных материалов наблюдается резкое падение уровня физико-механических свойств, полиуретаны сохраняют хорошую эластичность. Прямым следствием этого является тот факт, что полиуретановые эластомеры выдерживают гораздо более высокие нагрузки, чем обычные эластомеры. Одновременно полиуретаны проявляют высокое сопротивление раздиру и истиранию. Кроме того, полиуретаны отличаются сравнительно хорошей стойкостью к маслам и прекрасной стойкостью к действию УФ-лучей и проникающей радиации. Рабочие температуры полиуретановых изделий лежат в диапазоне от -50 до $+80^{\circ}\text{C}$, эластичность при этом практически не меняется. Допускается периодическое повышение температуры до $100-110^{\circ}\text{C}$, но не постоянная эксплуатация при этих температурах. Это один из недостатков полиуретанов, о котором следует помнить, планируя их использование. Другой фактор, о котором не следует забывать – ограниченная водостойкость при повышенных температурах. Непрерывное пребывание в воде при температуре выше 60°C может привести к гидrolитической деструкции. При этом, однако, следует учитывать действие среды, ибо возможны случаи, когда в условиях сильного абразивного износа и механических напряжений изделия из полиуретанов оказываются долговечнее при эксплуатации в воде при $+70^{\circ}\text{C}$, чем другие эластомеры с более высокой стойкостью к гидролизу [5].

Также общим основным свойством, выделяющим класс полиуретанов из других типов полимеров, является их высокая износостойкость. В таблице приведены сравнительные данные по износостойкости различных материалов [6].

Таблица – Сравнительные данные по износостойкости материалов

Материал, $\delta=1\text{мм}$	Продолжительность испытания до сквозного износа, мин	Износостойкость материала по отношению к стали 08X18H10T, %
СКУ-ПФЛ-100/1000	165	820
СКУ-ПФЛ-100/1700	115	570
Износостойкая резина ВР-3	65	320
Нержавеющая сталь 08X18H10T	20	100
Титановый сплав ОТЧ-1	20	100

Конечно, стоимость изделий из полиуретана превышает стоимость изделий из резин и других традиционных эластомерных материалов в 2-4 раза, что обусловлено относительно высокой стоимостью сырья для получения полиуретановых эластомеров. Однако благодаря превосходным физико-механическим свойствам использование полиуретана, несмотря на относительно высокую стоимость, во многих случаях оказывается выгодным, так как высокая цена компенсируется большей долговечностью. В итоге применение полиуретана может дать значительную экономию. Кроме того, в некоторых случаях при изготовлении изделий из полиуретанов оказывается возможным значительно уменьшить габариты изделий из-за более высокого уровня физико-механических свойств полиуретана (например, в случае монолитных шин для заводского

транспорта) [5].

При изготовлении нагруженных изделий эластомеры иногда приходится армировать, и такая технология связана со значительными затратами. Полиуретаны чаще всего не нуждаются в таком усилении (например уплотнения и мембраны) и изделие в этом случае обходится дешевле. Кроме тех случаев, когда полиуретаны заменяют обычные резины, имеется много областей применения, где они являются единственным пригодным материалом. В качестве примера можно привести шины машин для заправки атомных реакторов топливом. Это, несомненно, весьма редкий пример, но он прекрасно иллюстрирует применение полиуретановых эластомеров с использованием совершенно новых принципов конструирования.

Следует отметить, что для наиболее крупногабаритных изделий стоимость форм и особенно оборудования меньше при применении полиуретанов, чем обычных каучуков, и это в определенных случаях (особенно при единичном производстве) может компенсировать более высокую цену полиуретана. При больших габаритах и весе полиуретановые изделия могут стоить незначительно дороже изделий из натурального каучука. Примером могут служить большие крыльчатки, используемые в карьерных разработках.

Не следует забывать, что применение полиуретанов может дать значительный общий выигрыш в стоимости, когда речь идет об учете таких факторов, как надежность изделия, долговечность и отсутствие простоев оборудования, а не только чистой стоимости изделия. Примером может служить применение валков с полиуретановым покрытием для отжима массы при производстве волнистого шифера на Брянском шиферном заводе, где замена резиновых валов на полиуретановые позволила втрое увеличить межремонтный цикл. Вообще полиуретаны настолько широко используются для производства различных валков и роликов, что придется ограничиться еще лишь несколькими примерами. Например, при повороте ленточного конвейера на 90° наблюдается очень сильный износ валков. При испытаниях полиуретановых валков оказалось, что они способны выработать ресурс в 40 раз превосходящий ресурс валков из резины. Практически абсолютная стойкость к атмосферным факторам и солнечной радиации определяют выбор полиуретановых валков для работы в полевых условиях при значительных механических нагрузках. Широко используются полиуретановые валки при работе с абразивами и предметами с острыми краями, например для подачи лент из термопластов в грануляторы, в машинах для обдирки риса, для рубки стекловолокна, бумаги и т.п. материалов непосредственно на валках.

Полиуретановые ролики, направляющие и шкивы применяются в различного рода тросовых тяговых устройствах, транспортерах, на канатных дорогах, аттракционах и т.д.

Полиуретаны вытеснили и резину, и металл в ряде деталей, использующихся в современном автомобиле. И здесь главными преимуществами, которые привлекли конструкторов, оказались высокое сопротивление полиуретанов износу и истиранию в сочетании со стойкостью к маслам и топливам.

Экономические преимущества использования полиуретанов в качестве материалов для уплотнений обусловлены повышенной износостойкостью и пониженным коэффициентом трения. При давлении до 100 кгс/см² уплотнения из нитрильной резины оказываются вполне удовлетворительными, но при более

высоком давлении это уплотнение приходится усиливать с помощью антиэкструзионного кольца, иначе оно выдавливается. Твердые виды полиуретана выдерживают давления до 420 кгс/см^2 . При очень высоких давлениях ($\sim 3000 \text{ кгс/см}^2$ в производстве синтетических алмазов) полиуретановые уплотнения работают вполне удовлетворительно с использованием специальных антиэкструзионных колец [5]. Другой тип полиуретанового уплотнения, который широко используется в промышленности, это – скреперное уплотнение, предотвращающее загрязнение гидравлических плунжеров, плит оснований станков, труб и т.п. Особенно заметный эффект достигается при их использовании в механизмах, работающих в условиях повышенного загрязнения и износа (карьерные, шахтные и т.п. механизмы) [6]. Полиуретаны успешно используются и в качестве сальниковых уплотнений благодаря их относительно низкому коэффициенту трения и стойкости к маслам и смазкам. Такие сальники особенно выгодны в тех случаях, где они функционируют лишь периодически, например, в городской газораспределительной системе. Успешно работают, например, манжеты из полиуретана в устройствах для съема газового конденсата со стенок трубопроводов.

Большая твердость, высокое сопротивление раздиру и порезам, стойкость к маслам полиуретановых эластомеров позволяет с успехом использовать их в металлообрабатывающей промышленности для гибки, вытяжки и формовки листового металла. Замена фасонной матрицы прямоугольным блоком из полиуретана позволяет сократить расходы на оборудование, так как для одного и того же блока полиуретана можно использовать пуансоны различной формы и при этом обрабатывать листы различной толщины. Опыт также показал, что при таком способе штампования, благодаря более равномерному распределению давления на металл, удастся делать более острые углы и меньшие радиусы при гибке, в том числе и при гибке металлов, гибка и штамповка которых затруднена или ограничена свойствами металла. При этом практически устраняется отдача листа. Кроме того, поверхность металла не повреждается, что позволяет обрабатывать полированные и окрашенные листы без риска повреждения поверхности, прилегающей к полиуретановой матрице [9]. Аналогичным методом происходит штамповка листовых материалов с помощью эластичных диафрагм из полиуретана, что особенно демонстрирует эффективность применения полиуретанов в случае единичного и мелкосерийного производства, например, в автомобиле-, самолето-, и судостроении [5].

Особым образом можно выделить применение полиуретанов в качестве защитных покрытий для металлов и других конструкционных материалов, например стеклопластика, дерева, бетона и др. [7, 8]. Высокая адгезия к указанным материалам, абразивная устойчивость, эластичность, низкий коэффициент трения (особенно во влажных средах), механическая прочность, достаточно высокая химстойкость и особенно возможность нанесения на защищаемые поверхности непосредственно на месте применения изделий и конструкций, в том числе и в полевых условиях, обуславливают широкое распространение покрытий из уретановых эластопластов в сельском хозяйстве, морском, трубопроводном транспорте, в горнодобывающей и горноперерабатывающей промышлен-

ности, строительстве и др.

Ассортимент изделий, изготовляемых из полиуретана, весьма велик и непрерывно расширяется. Многие изделия применяются не в очень широких масштабах и поэтому не представляют особого интереса для крупнотоннажного производства. Но, с другой стороны, они очень важны для предприятий-потребителей, которые могут достичь значительной экономии, увеличив долговечность оборудования благодаря использованию в них некоторых полиуретановых деталей или защитных покрытий. Полиуретановые эластомеры уже не относятся к каучукам специального назначения, как было несколько лет назад, а считаются теперь скорее эластомерами общего назначения и эта тенденция, несомненно, возрастает. Успешное, с технической и экономической точек зрения, применение полиуретановых эластомеров вполне возможно и оправдано.

В настоящее время УНИКТИ «ДИНТЭМ» располагает комплексом оборудования, технологией переработки и сырьем для производства изделий самого различного назначения из полиуретанов. Кроме того институт имеет возможность провести всесторонние испытания изделий, а также идентификацию различных эластомеров и гарантировать заказчику получение продукции высокого качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов Г.А., Полиуретаны в современной технике. -М.: Машиностроение, 1983.
2. <http://www.chemforum.ru/News/n97-12.html>, (27.10.1999)
3. Керча Ю.Ю., Онищенко З.В., Кутенина В.С., Структурно-химическая модификация эластомеров. -К.: Наукова думка, 1989.
4. Сандерс Дж.Х., Фриш К.К. Химия полиуретанов. -М.: Химия, 1968.
5. Райт П., Камминг А. Полиуретановые эластомеры. -Л.: Химия, 1973.
6. Синтез и свойства уретановых эластомеров / Под редакцией Н.П. Апухтиной. -Л.: Химия, 1976.
7. Уретановые эластомеры / Под редакцией Н.П. Апухтиной, Л.В. Мозжухиной.
8. Смонин В.Ф., Фиговский О.Л., Полиэфирные и полиуретановые смолы в строительстве. -К.: Будівельник, 1974.
9. Справочник по холодной штамповке металлов. -Л.: Машиностроение, 1971.

РЕЗИНЫ ДЛЯ АМОРТИЗАТОРОВ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ ПОВЫШЕННОЙ ГРУЗОНАПРЯЖЕННОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

**Паршиков Г.И., Лещенко В.И., Хорольский М.С.,
УНИКТИ «ДИНТЭМ», г. Днепропетровск**

Надежная и продолжительная работа узла соединения рельса со шпалами обеспечивается применением резиновых прокладок - подрельсовой и нашпальной. При этом подрельсовая прокладка повышает продольную устойчивость рельса и снижает динамические нагрузки, нашпальная - является амортизатором, электроизолятором и шумопоглотителем [1]). Постоянное повышение эффективности использования железных дорог приводит к увеличению нагрузки рельсового пути, связанной с ростом массы поездов и скорости их движения. Повысить работоспособность амортизаторов можно путем изменения их конструкции, конструкции промежуточного скрепления, создания новых материалов. По данным авторов [2] срок службы прокладок составляет 3-12 месяцев вместо ожидаемых 2-4 лет. Однако в этой работе сделан лишь поверх-