

В. И. ЛЕЩЕНКО, Л. Г. ПОЛИТИКОВА, М. С. ХОРОЛЬСКИЙ (ГП «УНИКТИ «ДИНТЭМ», Днепропетровск)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗИНОВЫХ УПЛОТНИТЕЛЕЙ

Проведено роботи зі створення ефективних гумових ущільнювачів для герметизації стиків у підземних спорудах із збірного залізобетону та чавуну, в тому числі тунельних обкладинок метро.

Проведены работы по созданию эффективных резиновых уплотнителей для герметизации стыков подземных сооружений из сборного железобетона и чугуна, в том числе тоннельных обделок метро.

The works on creation of effective rubber sealants for hermetic sealing of joints of underground structures from modular ferro-concrete and pig-iron, including tunnel elements for the underground, are carried out.

В настоящее время изделия из резины, благодаря своим специфическим свойствам, все более широко используются в разных областях народного хозяйства.

Резина относится к эластомерным материалам с резко выраженной способностью к высокоупругому деформированию в достаточно широком интервале температур. Очень важной характеристикой резины является ее сравнительно небольшая твердость и способность к большому упругим деформациям, что позволяет ей быть одним из наиболее распространенных материалов для изготовления уплотнителей разнообразного назначения.

Изделия из резины, которые эксплуатируются в технике принято называть резинотехническими изделиями (РТИ). Среди них наиболее распространена группа уплотнителей.

В практике строительства метрополитенов, стволов шахт и тоннелей в качестве постоянной крепи – обделки, как правило, используются чугунные тубинги и железобетонные блоки. В зависимости от того, на какой глубине и в каких грунтах проходят тоннели, выбирают конструкции сооружений и материалы для них.

Ранее при строительстве метрополитенов в Украине чаще всего использовали чугунные тубинги, а герметизацию стыков между ними осуществляли уплотнителями из свинца. Но такой материал является пластичным и после того, как тоннельная обделка собрана, часто, вследствие деформирования грунтов, в том числе и от динамических нагрузок при движении тяжелых поездов, стыки соединений чугунных тубингов перестают быть герметичными, т.е. надежность таких уплотнителей является невысокой. Кроме того, свинец является дефицитным материалом, а его использование требует сложной технологии.

В Государственном предприятии «Украинский научно-исследовательский конструкторско-технологический институт эластомерных материалов и изделий» (ГП «УНИКТИ «ДИНТЭМ», г. Днепропетровск) ранее накоплен большой опыт разработки РТИ для сложных объектов ракетно-космического и военно-промышленного комплексов, имеющих большие надежность, сроки эксплуатации и сохранения эксплуатационных характеристик (свыше 20 лет). В связи с развитием метро и тоннелестроения в Украине возникла потребность провести научные исследования и предварительные испытания с целью использования полученного опыта создания резиновых уплотнителей для герметизации тоннельных обделок.

Преимущества использования резины для уплотнителей тоннельной обделки заключаются в следующем:

- 1) за счет упругих свойств резины повышается надежность герметизации стыков;
- 2) резина имеет значительно меньшую твердость, а это дает возможность применять железобетонные блоки вместо чугунных;
- 3) затраты на материалы для уплотнения межобделочных швов уменьшаются;
- 4) если резину защитить от старения, то срок эксплуатации уплотнителей из нее можно значительно увеличить;
- 5) резина имеет небольшой вес;
- 6) монтаж резиновых уплотнителей можно осуществлять в условиях производства железобетонных блоков, что значительно повышает комфортность и производительность труда;
- 7) сравнительная простота монтажа и экономическая безопасность.

Следовательно, резина может успешно конкурировать со свинцом для изготовления уплотнителей. При этом их конструкция должна

быть достаточно простой, чтобы обеспечить высокопроизводительную работу при изготовлении и высокое качество при монтаже.

Каждое кольцо обделки тоннеля состоит из определенного количества блоков, которое зависит от диаметра кольца и назначения. Герметизация межблочных соединений по поперечным (кольцевым) и продольным (радиальным) бортам железобетонных тубингов и блоков обеспечивается за счет точности изготовления блоков, точности их сборки, канавок для резиновых уплотнителей и самих уплотнителей. При этом резиновые уплотнители блоков, в процессе деформации между собой в тоннельном кольце фланцевой стороной, создают сплошной пояс герметизации между кольцами обделки в продольном направлении, при деформации торцевой стороной, создают пояс

герметизации в радиальном направлении. Такие пояса герметизации могут выполняться как с перевязкой швов, так и без их перевязки.

Резина склонна к старению, из-за чего срок эксплуатации изделий из нее резко уменьшается. Поэтому в ГП «УНИКТИ «ДИНТЭМ» на основании широкомасштабных и комплексных исследований разработаны рецептуры резин для изготовления уплотнителей с высокими эксплуатационными свойствами. Применяемые резины отвечают требованиям эксплуатации изделий и на них разработана нормативная документация.

Для изготовления уплотнителей используются два типа резины сложного состава: тип I – для профиля и тип II – для стыковки.

Данные по разработанным резинам приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Основные показатели резины	Единица измерения	Резина	
			Тип 1	Тип 2
1	Условная прочность при растяжении, не менее	МПа	12,0	16,7
2	Относительное удлинение при разрыве, не менее	%	300	550
3	Твердость по Шору А	Один Шор	55±5	55 ⁺⁵ ₋₁₀
4	Твердость в международных единицах (IRHD)	Единица IRHD	65±5	55±5
5	Относительная остаточная деформация после старения в воздухе при сжатии на (20±3) % в течение 24 часов при температуре плюс (70±2) °С, не более	%		

Как видно из таблицы, физико-механические свойства резины обоих типов обеспечивают условия изготовления эффективных уплотнителей и их монтажа в посадочные канавки блока. Достаточно большая условная прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве обеспечивают осуществление легкого монтажа и плотную их установку в канавки блока. Средняя твердость резины позволяет без больших усилий осуществлять сборку блоков в кольцо обделки и колец между собой.

Испытания по специальным методикам ускоренного определения эксплуатационных характеристик уплотнителей из разработанных резин показали, что в определенных условиях они сохраняют свои свойства до 100 лет.

Тоннельная обделка представляет собой железобетонные блоки, соединенные между собой в кольца, которые, в свою очередь, последовательно стыкуются между собой по ходу тоннеля. Количество железобетонных блоков в тоннельном кольце зависит от диаметра тоннеля. Каждый железобетонный блок выполняет оп-

ределенную функцию, поэтому размеры их разные, а это требует и разных типоразмеров уплотнителей.

Схема герметизации тоннельной обделки выбрана такой, чтобы на каждый блок монтировался свой уплотнитель в виде прямоугольной рамочной прокладки. При этом посадочные места под прокладки в сопредельных блоках должны совпадать друг с другом. Таким образом, прокладка одного блока стыкуется с прокладкой сопредельного блока по рабочей поверхности. Размеры прокладок и посадочных мест блоков рассчитаны так, что в пределах точности монтажа имеют место контактные напряжения в резине, достаточные для обеспечения герметичности в течение заданного срока эксплуатации тоннеля. Профиль прокладки выполнен в виде двух соединенных по большей стороне трапеций. На меньшей стороне выполнены продольные пазы для уменьшения объема и повышения контактных напряжений. Этой стороной осуществляется посадка прокладки на блок в специальной канавке, расположенной по

периметру блока. Для того, чтобы прокладка крепче держалась в канавке блока, она имеет несколько меньшие размеры, чем размеры канавки блока, т.е. прокладка насаживается на блок с натяжением, не превышающим 10 %. Большее натяжение недопустимо, поскольку такой механический фактор отрицательно влияет на процесс старения резины. Перед установкой прокладки на блок, подготовленное посадочное место покрывается тонкой пленкой адгезионного материала. Поэтому прокладка крепко удерживается на блоке, как в процессе транспортирования, так и в процессе монтажа.

В средней части прокладки имеются продольные цилиндрические каналы. Они расположены по отношению к пазам на меньшей стороне трапеции так, чтобы при уменьшении объема прокладки она не утратила упругих свойств, а ее элементы – устойчивость в собранном виде в кольце обделки. После монтажа прокладки должны находиться в отведенных для них посадочных местах. Причем максимальный объем прокладки с учетом допусков всегда должен быть меньше минимального объема посадочного места. В противном случае прокладка будет работать за пределами упругих деформаций, что приведет ее к разрушению, а тоннельную обделку – к потере герметичности. Если тоннельный участок прямолинейен, то все углы прокладок прямые. Для поворотов, спусков или подъемов железобетонные блоки изготавливаются с соответствующими углами. Адекватно им выполняются углы и в резиновых прокладках. В зависимости от требований к уплотнителю и свойств резины с учетом сложности конструкции профиля уплотнителя его изготовление осуществляется многостадийным методом, основные этапы которого заключаются в следующем:

1) изготовление резиновых профилей определенной конструкции соответственно их назначению и привязки к конкретным типам блоков;

2) подготовка резиновых профилей заданной длины и их торцов;

3) подготовка стыковочной резиновой смеси и стыковка профилей под заданными углами;

4) стабилизация после стыковки.

Профили изготавливаются методом экструзии на червячных прессах с помощью специально созданной экструзионной головки с регулированием давления резиновой смеси. После подготовки резиновых профилей и стабилизации осуществляется их стыковка в специальной многоугольной пресс-форме.

Все оснащение разработано и изготовлено специалистами ГП «УНИКТИ «ДИНТЭМ». Изготовление уплотнителей тоннельной обделки осуществляется на участке экспериментального производства. Наибольшим потребителем резиновых уплотнителей в Украине является ОАО «Киевметрострой», в котором разработана новая технология проходки тоннелей. Первые в мире в сложных инженерно-геологических условиях, включая пльвуны, были использованы резиновые уплотнители при строительстве наклонного хода (эскалаторного тоннеля) станции «Печерская» Киевского метрополитена, которая введена в эксплуатацию в декабре 1997 г. Разработанные резиновые уплотнители были применены также при сооружении наклонного хода и самой станции «Дорогожичи», которая введена в эксплуатацию в марте 2000 г., «Житомирская» и «Академгородок» – в 2004 г., «Сырецкая» – в 2006 г. На этих станциях поддерживается высокий уровень герметичности тоннельной обделки в процессе эксплуатации указанных объектов.

Разработанная технология и материалы внедряются и на других объектах Донецкого и Днепропетровского метрополитенов и стволов шахт в Донецком регионе. Поставку резиновых уплотнителей осуществляет ГП «УНИКТИ «ДИНТЭМ». В настоящее время созданы производственные мощности, которые обеспечивают потребности Украины, а также ведутся исследования по созданию новых материалов с более высокими свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Elastomer Joint Tapes and Profiles [Текст] // г. «Tunnel». – 1981. – № 3. – Р. 194-206.
2. Збірні обкладинки компанії «Charson Tunnels» [Текст] // г. «Tunnels und Tunneling». – 1984. – v.10, № 3. – Р. 44.
3. Рекламний проспект фірми «Phoenix», Німеччина [Текст]. – 1986.
4. Александров, А. Я. Поляризационно-оптические методы механики деформируемого тела [Текст] / А. Я. Александров, А. Х. Ахметьянов. – М.: Наука, 1973. – 575 с.
5. Фрохт, М. М. Фотоупругость [Текст] : в 2 т. / М. М. Фрохт. – т. 1. – М.-Л.: Техтеориздат, 1948. – 432 с.
6. Экспериментальная механика [Текст] : в 2 кн. / под ред. Кобаяси. – М.: Мир, 1996. – 616 с.

Поступила в редколлегию 26.03.2010.

Принята к печати 02.04.2010.