

УДК 621.763

А. Б. Тулинов, д.т.н., проф., А. Б. Гончаров, к.т.н., В. А. Иванов, аспирант, РГУТиС, г. Москва

E-mail: [tulinov38@yandex.ru](mailto:tulinov38@yandex.ru)

## **Прогрессивные технологии и материалы для восстановления горного оборудования**

*Рассмотрена возможность применения композиционных материалов в технологиях ремонта и восстановления горного оборудования. Приведены основные свойства промышленных композиционных материалов. Даны рекомендации по использованию конкретных композиционных материалов для восстановления механизмов и деталей машин, используемых в горной отрасли.*

**Ключевые слова:** композиционные материалы, прогрессивные технологии, восстановление горного оборудования.

A. B. Tulinov, A. B. Goncharov, V. A. Ivanov

## **Innovative technologies and materials for the restoration of mining equipment**

*Possibility of application of composite materials in technologies of repair and restoration of the mining equipment is considered. The basic properties of industrial composite materials are resulted. Recommendations about use of concrete composite materials for restoration of mechanisms and details of the equipment used in mining are made.*

**Keywords:** composite materials, progressive technologies, restoration of the mining equipment.

Необходимость в технологиях ремонта оборудования и систем жизнеобеспечения шахт, рудников, угольных разрезов, железнорудных карьеров и обогатительных фабрик, не требующих значительных финансовых вложений, материальных и трудовых ресурсов, существуют постоянно. Таким требованиям отвечают технологии ремонта с использованием ремонтных полимерных композиционных материалов, использование которых не требует дорогостоящей оснастки и оборудования, и часто являются адекватной замене сварке, пайке и наплавке. Рациональное использование физико-химических свойств полимерных композиционных материалов позволяет значительно снижать трудоемкость и себестоимость ремонта и сокращать расход материалов на их проведение. Особенно эффективно использование новых ремонтных

технологий при ремонте трубопроводов, насосов и другого оборудования используемого в горнодобывающих отраслях.

Тенденции последних лет указывают на то, что ремонтными службами на горных и обогатительных предприятиях все более пристальное внимание уделяется перспективным технологиям восстановления таких важных систем, какими являются водоотведение, теплоснабжение и вентиляция. Важнейшими элементами этих систем являются трубопроводы, которые работают в различных температурных условиях, но имеют общий характер дефектов и разрушений. Трубопроводы используются для транспортировки жидкостей, газа, а также твердых веществ, перемещаемых под давлением. Используемые для этих целей трубы и трубопроводы по самым разным причинам могут повреждаться и протекать.

Коррозия и воздействие химических веществ приводят к прогрессирующему уменьшению толщины стенок труб, вплоть до образования проходных отверстий; в сварных трубопроводах может появиться утечка из-за дефектов сварного шва.

Полностью вывести из строя трубы и трубопроводы также могут и абразивные материалы. Это обычно происходит возле колена трубы и Т-образных соединений, так как в этих местах абразивные материалы ударяются о стенки труб, а также в заслонках, задвижках и т.п.

Аварийное состояние труб или трубопроводов может привести (как крайний случай) к прекращению всей производственной деятельности предприятия.

Эррозионная коррозия, может осложнять проведение технического обслуживания, а усталостные изломы на вентиляционных каналах являются причинами многочисленных неполадок.

По официальным данным, из 50 тыс. км действующих в России в горнодобывающей промышленности трубопроводов системы водоотведения, теплоснабжения и вентиляции более половины поражены внутренней коррозией и другими дефектами, а 30% коммуникаций находятся в предаварийном состоянии.

При отсутствии экстренных мер по восстановлению и ремонту водоотводящих и вентиляционных сетей, две трети действующих трубопроводов будут разрушены, что может привести к нарушению производственной деятельности горных предприятий.

Как показывает отечественная и зарубежная практика, устранение примерно 15-20% дефектов трубопроводов в системах вентиляции, теплоснабжения и водоотведения может быть осуществлено за счет технологии применения для их ремонта металлополимерных композитных материалов, работающих по методу «холодной сварки». Их применение открывает новые возможности в технологии ремонта.

Основой адгезии в этом случае является молекулярное взаимодействие полимерной матрицы композиционного материала с металлом ремонтируемой поверхности. Изменение механизма упрочнения позволяет отказаться от термического и механического воздействия на ремонтируемую поверхность в процессе восстановления изношенных деталей оборудования. Вследствие этого технологический процесс с применением металлополимерных композиций называют холодной молекулярной сваркой, или «холодной сваркой».

Ремонтные материалы на основе металлополимерных композиций применяют более 30 лет. Российским предприятиям предлагается широкий ассортимент этих материалов. В их многообразии по рекламным проспектам фирм рядовому потребителю разобраться не просто.

Нередко разные производители под своими фирменными названиями выпускают однотипную продукцию, цена на которую может существенно (в несколько раз) различаться. Ремонтные материалы отечественных разработок (до недавнего времени) практически не применялись ввиду отсутствия их промышленного производства и соответствующей информированности о них потенциального потребителя. Однако за последние 8-10 лет в России появились предприятия, которые не только производят по заявкам потребителей требуемое количество ремонтных материалов, но и разрабатывают прогрессивные технологии ремонта и участвуют в проведении ремонта различного оборудования и систем на предприятиях. В приведенной ниже табл. 1 представлены зарубежные и отечественные композиционные материалы промышленного назначения и их характеристики.

Число производителей металлополимерных композиций постоянно увеличивается как в России, так и за рубежом. И если в нашей стране эти материалы не отличаются стабильным качеством из-за низкого качества входящих компонентов, то зарубежные производители выпускают высококачественную продукцию со стабильными физико-техническими характеристиками.

Одной из зарубежных фирм, выпускающих металлополимерные композиции и анаэробные клеи, является польская компания «*Chester Molecular*», которая с этого года поставляет в нашу страну гамму металлополимерных композиций и анаэробных клеев [2].

Московская международная корпорация (ММК «Мосинтраст») является генеральным дилером фирмы «*Chester Molecular*» и предлагает предприятиям и ремонтным организациям продукцию этой фирмы. Предлагаемые материалы отличаются стабильным качеством, по своим физико-техническим характеристикам не уступают материалам, поставляемым в нашу страну известными фирмами «Бельзона» (США), «Дурметал» (Швейцария), «Диамант» (ФРГ), «Локтайт» (США) и др., но

значительно дешевле материалов этих фирм, т.е. по основному соотношению «цена/качество» - являются наиболее привлекательными.

ММК «Мосинтраст» предлагает следующие виды металлополимеров, различных по своим характеристикам и возможностям применения, в том числе:

1. «Честер Супер» - универсальный;
  2. «Честер Рапид» - быстроотверждающий;
  3. «Честер Керамик» - износостойкий;
- «Честер Слайд» - антифрикционный.

Таблица 1

Композиционные материалы промышленного назначения

| Характеристика                        | "ММ-metal-SS" ("MultiMetal", Германия) | Belzona 1111 (суперметалл) "Belzona", США | "Durmetal" (стандарт) ("Durmetal", Швейцария) | "Chester Molecular" (Польша)* | "Лео-сталь" (Россия) | "Лео-керамика" (Россия) | "Поликом" (Россия)** | Полимет-Т (Россия) | РЕКОМ-Б (Россия) |
|---------------------------------------|--|---|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| Предел прочности, МПа:                |  |   |   |                               |                      |                         |                      |                    |                  |
| при сжатии                            | 200                                    | 110                                       | 121   | 120-150                       | 200                  | 180                     | 20                   | 120                | 135              |
| при нормальном отрыве:                |  |   |   |                               |                      |                         |                      |                    |                  |
| от стали                              | 42                                     | 39  | 35  | 35-40                         | 50                   | 45                      | 10                   | 40                 | 25               |
| от алюминия                           | 40                                     | 39  | 34  | 35-40                         | 49                   | 43                      | 10                   | 40                 |                  |
| Твердость, МПа:                       |  |   |   |                               |                      |                         |                      |                    |                  |
| по методу Бринелля                    | 170                                    | -   | 85  | 85-115                        | 170                  | 165                     | 12                   | 98                 | 100              |
| по методу Роквелла                    | -                                      | 107                                       | -   |                               | -                    | -                       |                      | -                  |                  |
| Время отверждения при 20°C, ч:        |  |   |   |                               |                      |                         |                      |                    |                  |
| до возможности механической обработки | 2,5-3                                  | 2   | 3-4   | 3                             | 3-3,5                | 3-3,5                   | 5-10мин.             | 3-4                | 3-4              |
| до полной прочности                   | 24                                     | 24  | 24  | 24                            | 24                   | 24                      | 0,5                  | 24                 | 24               |
| Плотность, г/см <sup>3</sup>          | 2,6                                    | 2,5                                       | 2,7   | 1,5-2,0                       | 2,8                  | 2,7                     | 1,0                  | 2,8                | 2,1              |
| Рабочая температура °С не более       | 200                                    | 100                                       | 120   | 175                           | 200                  | 200                     | 150                  | 250                | 200              |
| Фасовка, кг                           | 1                                      | 1-5                                       | 2,5-20  | 1-5                           | 1                    | 1                       | 2                    | 1                  | 1                |

\* Указаны граничные значения характеристик группы материалов

\*\* Материал ускоренного отверждения

Предлагается также гамма сопутствующих материалов, таких как очистительные жидкости, разделительные составы и т.п.

Материалы фирмы «*Chester Molecular*» отличаются друг от друга соотношением компонентов, временем полимеризации, сроками хранения. Большинство металлополимеров «*Chester Molecular*» сохраняют свои свойства в течении 3-х лет.

Основные физико-технические характеристики материалов «*Chester Molecular*» представлены в табл. 1.

Простота применения, высокие физико-технические характеристики и невысокая стоимость делают материалы «*Chester Molecular*» незаменимыми при выполнении сборочных соединений и при восстановлении деталей разнообразных машин и механизмов (посадочные места под подшипники в корпусах, шейки валов, редукторы и другие детали и узлы).

Для осуществления восстановления размеров деталей наиболее перспективными являются способы, при которых деталь или не подвергается температурным воздействиям, или подвергается незначительному нагреву, не изменяющему ее структуру и механические свойства. К таким способам относятся: гальваническое и электроискровое наращивание металла, различного рода металлизации напылением, импульсная приварка лент, но в первую очередь – применение полимерных композиционных материалов. Это обусловлено:

- относительной дешевизной синтетических материалов по сравнению с металлами;
- простотой их применения;
- универсальностью при восстановлении деталей из цветных и черных металлов, бетона, дерева, пластмасс, керамики, стекла и др.;
- высокой химической стойкостью полимеров к различным агрессивным средам, в том числе кислотам, щелочам, нефтепродуктам, морской воде и др.;
- возможностью получения разнообразных, порой уникальных физико-химических свойств полимерных композиционных материалов, часто превосходящих по своим эксплуатационным характеристикам металлы;
- малой удельной массой полимеров;
- шумо- и вибропоглощением при их использовании в конструкциях машин и механизмов;
- антифрикционными и электроизоляционными свойствами.

Несмотря на невысокие (по сравнению с металлами) прочностные характеристики полимеров и адгезионных соединений полимер-металл, а также на невысокую допустимую рабочую температуру восстановленных соединений (в большинстве случаев не выше 200-250 °С), применение

полимерных материалов в ремонтных работах возрастает во всем мире. В настоящее время уже достаточно четко определились те области, в которых использование полимерных материалов предпочтительно, а их ценные свойства используются наиболее эффективно.

Ремонтно-восстановительные работы с применением полимерных материалов в различных отраслях промышленности можно условно разделить на три основных направления:

- использование полимерных материалов для устранения брака и дефектов основной продукции предприятия, например, литьевого брака в литых заготовках;
- ремонт основного и вспомогательного технологического оборудования самих предприятий (насосное и вентиляционное оборудование, редукторы, системы гидравлики, трубопроводы, технологические емкости и др.);

Представленные в табл. 2 примеры применения не характеризуют всех возможностей использования композиционных материалов в ремонтном производстве. В настоящее время они начинают применяться в машиностроении, авто- и судоремонте, при ремонте сельскохозяйственных машин, в энергетике, в химической и нефтеперерабатывающей промышленности, коммунальном хозяйстве, полиграфии, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и др. Однако в горном деле их применение пока недостаточно развито.

В табл.3 представлена классификация деталей и оборудования, ремонт которых может осуществляться с использованием металлополимеров «Честер Молекуляр», а также предложения по использованию конкретных материалов при ремонтных работах.

*Таблица 2*

Примеры применения композиционных материалов

| Место использования                | Характер работ  |
|------------------------------------|---|
| 1. Коммунальное хозяйство          | Устранение дефектов в системах жизнеобеспечения, в том числе при ремонте трубопроводов водо-, тепло-, газоснабжения, канализации и вентиляции. Возможность проведения экстренных аварийных работ в сетях водоснабжения и отопления в зданиях, где длительное отключение и использование сварки существенно нарушает рабочий ритм и снижает уровень сервисного обслуживания. |
| 2. Машиностроительное производство | При устранении дефектов всех видов металлического литья, сборке теплообменников, электро- и радиотехнических изделий, узлов в автомобилестроении, в том числе в качестве герметика. Использование в производственных условиях для ремонта рабочих емкостей, трубопроводов, систем воздухопроводов и т.п.  |

| Место использования                  | Характер работ   |
|--------------------------------------|--|
| 3. В быту                            |  |
| 3.1 Сантехника                       | Устранение свищей и трещи в системах водоснабжения и отопления, герметизации стыков трубопроводов, восстановление треснувших и сколотых керамических изделий, восстановление элементов сантехнической арматуры.  |
| 3.2 Ремонт автомобилей               | Аварийный ремонт в полевых условиях топливных баков, трубопроводов, воздухопроводов, глушителей. Вклейка зеркал, резиновых герметизирующих прокладок, восстановление металлических деталей, заделка трещин корпусов двигателей, устранение небольших отверстий и пробоев в кузове автомобиля.  |
| 3.3 Дачное хозяйство и строительство | Все виды столярных соединений, включая наружные элементы, восстановление тонкостенных оболочек из оцинкованного железа (воздуховоды, водостоки, лейки, ведра, баки и т.п.), герметизация и восстановление жесткой кровли, склейка сколов черепицы, ремонт открытых водоводов.  |
| 3.4 Бытовая химия                    | Устранение свищей и трещин теплообменников и радиаторов водогрейного и холодильного оборудования, восстановление сколов защитных эмалей не пищевых емкостей (стиральные машины, холодильники, ванны, ведра, поддоны), а также трещины в аналогичных изделиях из нержавеющей стали, восстановление корпусов и защитных панелей электротехнических приборов и арматуры |
| 4. Увлечения (хобби)                 |  |
| 4.1 Художественные промыслы          | Изготовление и реставрация декоративных изделий из керамики, камня, металла, ценных пород древесины, стекла в любых сочетаниях в т.ч. ювелирных изделий, бижутерии.  |
| 4.2 Водномоторный и парусный спорт   | Ремонт жестких корпусов всех видов судов, яхт, лодок, эксплуатируемых в водоемах, а также ремонт двигательных установок.   |
| 4.3 Моделизм                         | Использование без ограничения при изготовлении любого вида моделей: авто-, авиа-, судомоделей и т.п.   |

Таблица 3

Классификация механизмов и деталей, подлежащих восстановлению по видам  
ремонтных работ в горной отрасли

| Наименование дефектов              | Перечень механизмов и деталей подлежащих ремонту   | Материал для восстановления   |
|------------------------------------|--|---|
| 1. Трещины, выбоины, сколы, отломы | Конструкции и корпуса:<br>– двигателей<br>– редукторов<br>– компрессоров<br>– насосов<br>– теплообменников<br>– коробок передач<br>– раздаточных механизмов и т.д. | Металл Супер<br>Металл Супер СЛ<br>Металл Репид<br>Металл Супер Фе<br>Металл Супер Ал<br>Металл Супер Бр<br>Металл Супер Мд |

| Наименование дефектов  | Перечень механизмов и деталей подлежащих ремонту  | Материал для восстановления   |
|--|---|---|
| 2. Выработка и потери металла в изношенных деталях, узлах, механизмах  | Валы (шейки, седла подшипников).<br>Шпоночные пазы (канавки).<br>Посадочные места подшипников качения.<br>Шлицевые соединения, в т.ч. в муфтах сцепления. Посадочное место редуктора на стакан колесной пары. Пальцы эластичных муфт. Резьбовые соединения.                                       | Металл Супер<br>Металл Супер СЛ<br>Металл Супер Фе  |
| 3. Выработка материала в зоне контакта трущихся поверхностей   | Направляющие скольжения. Посадочные места подшипников скольжения. Внутренние поверхности гидроцилиндров, поверхности штоков.  | Металл Слайд<br>Металл Слайд Ф  |
| 4. Дефекты металла возникшие в результате коррозионных, эрозийных, абразивных и кавитационных разрушений             | Изношенные поверхности роторов и корпусов насосов. Любые детали, узлы, агрегаты, подверженные воздействию агрессивных сред.   | Металл Керамик Т<br>Металл Керамик Ф<br>Протектор СФ<br>Протектор СК<br>Протектор Д<br>Протектор А  |
| 5. Негерметичность фланцевых соединений, магистралей, уплотняющих поверхностей и сварных швов (в т.ч. под давлением) | Магистраль сжатого воздуха. Водяная магистраль, в т.ч. калориферы и теплообменники. Масляная и топливная магистраль. Фланцевые соединения трубопроводов и емкостей. Рубашки охлаждения. Сварные швы любых металлов и сплавов (чугун, сталь, цветные металлы, алюминево-магниевого сплавы и т.д.). | Анаэробные клеи-фиксаторы: А-12, А-36, А-80 В-00, В-12, В-36, В-80 С-12, С-36, С-80 Д-12, Д-36, Д-80 Е-12, Е-36, Е-80<br>Анаэробные герметики: S1-01, S2-01, S3-01, S4-01 |
| 6. Раковины, микротрещины, пористость и рыхлость возникшие после литья   | Все детали получаемые литьем.   | Металл Супер<br>Металл Супер Фе<br>Металл Супер Ал<br>Металл Супер Бр<br>Металл Супер Мд<br>Анаэробный пропиточный фиксатор В-00  |

Восстановление деталей металлополимерными композициями имеет ряд специфических особенностей по сравнению с восстановлением деталей металлами (наплавкой, металлизацией, сваркой, пайкой и т.п.), обусловленных, прежде всего, использованием химической энергии для обеспечения реакции полимеризации. В этом случае необходимо в ходе технологического процесса управлять формированием свойств полимерного материала, показатели которого отличаются от показателей свойств металлической детали. Поэтому незначительное отклонение от оптимальных условий может привести к резкому ухудшению качества восстанавливаемой детали. При восстановлении деталей



металлополимерами имеется определенный «запас» качества, в результате чего режимы восстановления не так жестки. Но при этом принципиальное значение приобретают такие операции, как подготовка поверхностей деталей, приготовление и нанесение ремонтных композиций, тепловая и механическая обработка деталей.

Подготовка поверхностей деталей. Одной из основных операций, определяющих качество восстановления деталей, является подготовка их поверхностей перед нанесением металлополимерной композиции. Ее цель – обеспечить наилучшие условия адгезионного взаимодействия между композицией и деталью, а также придать поверхности детали необходимую геометрическую форму.

Весь процесс подготовки можно разделить на следующие операции:

- очистка и мойка деталей;
- обезжиривание и химическая обработка восстанавливаемой поверхности;
- сохранение чистоты восстанавливаемой поверхности до нанесения композиции.

Приготовление ремонтных композиций. Металлополимерные композиции являются многокомпонентными системами, окончательное приготовление которых осуществляется непосредственно на местах работы и незадолго до их применения. Это обусловлено тем, что после смешивания двух компонентов жизнеспособность композиции колеблется в пределах 40-60 мин., что, в свою очередь, и определяет количество приготавливаемого состава. Перед смешиванием двух компонентов между собой каждый из них должен быть перемешан разными шпателями. Компоненты смешивают в соотношении, указанном в инструкции. Тщательная подготовка ремонтных композиций ведет к получению качественного ремонта.

Нанесение и формирование ремонтных композиций. При восстановлении деталей металлополимерными композициями они должны наноситься на поверхности расположенные под разными углами наклона. В связи с вязкой консистенцией композиции и в связи с наличием гравитационных сил возникает задача по сохранению слоя материала заданных режимов в первый период отверждения. Отсюда следует, что металлополимерные композиции должны обладать вполне определенными реологическими свойствами, обеспечивающими качественное восстановление деталей.

После нанесения слоя композиции на поверхность деталей слой материала необходимо подвергнуть формированию, т.е. силовому воздействию с целью придания требуемой формы. При восстановлении изношенных деталей формирование обеспечивает получение заданных параметров.

Тепловая и механическая обработка деталей. Отверждение ремонтных композиций при комнатной температуре обычно не заканчивается, и малейшее повышение температуры окружающей среды по сравнению с комнатной температурой приводит к изменению физико-механических свойств композиции.

Тепловая обработка композиции может осуществляться по различным схемам в зависимости от времени подвода тепла:

а) подвод тепла осуществляется сразу после соединения деталей (горячее отверждение),

б) подвод тепла производится после момента схватывания, но до момента технологического отверждения,

в) нагрев осуществляется после технологического отверждения (смешанное отверждение).

При восстановлении деталей наиболее приемлемым являются две последние схемы нагрева, так как при использовании первой схемы композиция становится маловязкой, что на наклонной поверхности детали приводит к стеканию композиции.

Механическая обработка отвержденной композиции необходима для удаления заусенцев, снятия острых кромок. Поскольку при механической обработке наблюдается прямая корреляция между скоростью деформирования и скоростью резания, то все прочностные характеристики и модуль упругости материала возрастает при увеличении скорости резания.

Обработка композиционных материалов режущим инструментом может быть рассмотрена как разновидность процесса управляемого разрушения. Определяющими факторами технологического процесса механической обработки деталей из металлополимерных материалов являются физико-механические свойства, которые могут регулироваться соответствующими режимами резания.

Эффективное использование физико-механических и химических свойств полимерных композиционных материалов позволяет значительно снизить трудоемкость ремонта различных изделий и систем, что обуславливается следующими особенностями из использования:

- технология с использованием полимерных композиций не требует сложного оборудования и высокой квалификации работающих;
- при использовании полимерных композиций появляется возможность проводить ремонт без разборки узлов и агрегатов;
- использование полимерных композиций во многих случаях позволяет не только заменить сварку, пайку или наплавку, но и производить ремонт таких изделий и узлов, которых другими известными методами отремонтировать невозможно;

- применение полимерных композиций позволяет восстановить детали, минуя сложные технологические процессы нанесения материалов и его обработку;

- технология ремонта композиционными материалами отличается значительной экономией энергоресурсов, свойственных технологиям сварки, пайки, наплавки, напыления и др.

Рациональное использование физико-химических свойств ремонтных композиционных материалов позволяет снизить трудоемкость ремонта на 20-60%, себестоимость работ – на 45-60%, сократить расход металлов на 40-50%. Это обусловлено тем, что такая технология не требует сложного оборудования и высокой квалификации работающих, появляется возможность производить ремонт без разборки узлов и агрегатов, а также соединений, которые с точки зрения безопасности, трудно и опасно ремонтировать известными способами.

Основные преимущества технологий ремонта с использованием композиционных материалов заключаются в сокращении сроков ремонта в 5-10 раз по сравнению с традиционными методами. Опыт эксплуатации отремонтированных объектов показывает, что срок их службы может увеличиться в 2-10 раз [1].

Широкое применение прогрессивной технологии ремонта с использованием композиционных материалов на горнодобывающих предприятиях и обогатительных фабриках позволит обеспечить более высокую надежность и долговечность горного оборудования, а также наладить их оперативный ремонт. На рис.1-9 представлены примеры применения композиционных материалов.

Для более глубокого изучения технологии использования металлополимеров при ремонте горного оборудования Московский государственный горный университет (МГГУ) организывает для специалистов отрасли регулярное проведение семинаров.



Рис. 1. Металлополимеры, эластомеры и очистительные материалы фирмы «Честер Молекуляр»



Рис. 2. Анаэробные клеи и фиксаторы фирмы «Честер Молекуляр»



Рис. 3. Восстановленное посадочное место подшипника



Рис. 4. Заделка течи трубопровода



Рис. 5. Восстановление защитной втулки на валу центробежного насоса:  
ДО и ПОСЛЕ



Рис. 6. Восстановленное посадочное место вала под рабочее колесо центробежного насоса



Рис. 7. Восстановленное зеркало задвижки



Рис. 8. Заделанные трещины на блоке цилиндров ДВС



Рис. 9. Восстановленная внутренняя поверхность улитки центробежного насоса

#### Список литературы

1. Храменков С.В. и др. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей: М., ТИМР, 2000г., 179 с.
2. Тулинов А.Б., Гончаров А.Б. Новые композиционные материалы в ремонтном производстве. «Ремонт, восстановление, модернизация». №11, 2003, с. 46-47