НПЦ «УРАЛЬСКОЕ ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»

КАМЕННОЕ ЛИТЬЁ

НПЦ «УРАЛЬСКОЕ ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»

отраслевой каталог

Уважаемые коллеги!

Предлагаем Вашему вниманию подборку статей по каменному литью - материалу, обладающему уникальными характеристиками и занявшему достаточно прочное место в таких отраслях, как горнорудная и металлургическая промышленность, энергетика, химическая промышленность, машиностроение и многих других.

Каменное литьё обладает высокими показателями по стойкости к износу, агрессивным средам, температурным перепадам и хорошими прочностными характеристиками, в результате чего камнелитые изделия стали незаменимыми на многих предприятиях.

Помимо выпуска традиционной, широко известной всем продукции, такой как камнелитые плитки, желоба, трубы, фасонные футеровки, кислотоупорный порошок нами ведется разработка новых изделий и технологий.

На наш взгляд, на сегодняшний день возможности применения каменного литья раскрыты далеко не полностью, поэтому будем признательны, если Вы обратите внимание на этот интересный материал и вместе с нами займетесь его внедрением в жизнь. Любые Ваши предложения, как коммерческие, так и технические будут внимательно рассмотрены специалистами нашего предприятия.

ООО НПЦ "Уральское горное оборудование" имеет большой опыт производства каменного литья. Наша продукция отличается высоким качеством и надежностью. Гибкий и внимательный подход и каждому клиенту позволяет нам ежегодно завоевывать все новые и новые сегменты рынка.

Надеемся также увидеть и Вас в рядах наших постоянных клиентов.

С уважением,

Коллектив ООО НПЦ «Уральское горное оборудование»

Тел. (3439) 279-810

www.npcugo.ru

e-mail: nppougo@mail.ru

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ И СВОЙСТВА КАМЕННОГО ЛИТЬЯ.

Каменное литьё получают путём расплава горных пород близких к базальту и заливки их в земляные или металлические формы, а также методами центробежного литья.

Такие параметры, как высокая износостойкость, кислото и щёлочестойкость, термостойкость в сочетании с высокими механическими характеристиками позволили каменному литью стать незаменимым материалом при работе в тяжёлых условиях эксплуатации, при воздействии агрессивных сред, абразивном воздействии, повышенной температуре, влажности, запылённости, механических нагрузках.

При постоянном воздействии вышеперечисленных факторов изделия из каменного литья проявляют себя более работоспособными и долговечными, чем изделия из таких традиционных материалов, как сталь, чугун, железобетон, огнеупоры. Если также учесть, что стоимость 1 тонны продукции из каменного литья ниже, чем то же самое из металла, но при этом удельный вес камня в 2,7 раза меньше, чем стали, то его применение кроме улучшения эксплуатационных свойств представляет ещё и значительную экономическую перспективу.

Сегодня такой материал очень широко используют для изготовления вкладышей, которыми футеруют трубы большого диаметра для золо-шламо-шлакопроводов; при пневмоподаче сыпучих материалов; для изготовления желобов, каналов, течек; для защиты оборудования от абразивного и химического воздействия; для футеровки циклонов и гидроциклонов и многого другого. При этом значительно увеличивается срок службы оборудования, экономится металл и другие дорогостоящие материалы, увеличивается межремонтный период работы оборудования на предприятиях.

Каменное литьё изготавливается нескольких типов в зависимости от требований к эксплуатации. Наиболее широкое применение нашло износостойкое литьё (рабочая температура до 200 град С). У него наилучшие показатели по сопротивлению износу, кислотостойкости и механическим свойствам. У термостойкого литья температура эксплуатации достигает 700^{o}С и выше, высокая стойкость к перепадам температур, но оно несколько дороже, чем износостойкое. Существуют также некоторые виды каменного литья со специальными свойствами.

1.1. Физико-механические свойства каменного литья.

Усредненный хим. состав разных видов каменного литья приведен в таблице 2.

Таблица 2.

Вид материала	Массовая доля окислов, %					
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	$FeO+Fe_2O_3$
Износостойкое каменное литье	46-52	7-16	8-15	6-12	--	15-22
Термостойкое каменное литье	47-52	7-14	12-22	12-17	--	1-6

Основные физико-механические свойства каменного литья в сравнении с серым чугуном, шамотным кирпичом и огнеупорным бетоном приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатель	Каменное литье		Серый чугун,	Шамотный кирпич	Огнеупорный бетон
	Износостойкое,	Термостойкое,			
Объемная масса, кг/м^3	2900-3000	2800-2900	7200	2000	1990
Водопоглощение, %	0,13	0,70	--	11	10,1
Предел прочности при сжатии, Мпа	250-500	200-400	500	23	44,4
Предел прочности при изгибе, МПа	30-50	25-40	280	5,6	3,6
Ударная вязкость, кДж/м^2	1,25	1,06	3	--	1,2
Модуль упругости, Мпа	100630	43700	120000	10000	18000
Коэффициент Пуассона	0,25	0,24	--	--	--
Термостойкость, ^{0}C	150	700	--	1047	1027
Теплопроводность, Вт/(м-С^0), при 20^{0}C	1,52	1,07	51	1,0	0,83
Удельная теплоемкость кДж/ (кг-С^0) при 20^{0}C	0,77	0,67	0,46	0,83	0,79
Температурный коэффициент линейного расширения, □-10^{-7} ^{0}C^{-1}, в интервале 20-600 ^{0}C	83,0	60,0	132	38	21
Коэффициент истираемости, кг/м^2	1,2	1,4	--	--	--

Из таблицы 1 отчетливо видно, что по таким характеристикам, как коэффициент истираемости, кислотостойкость, твердость и водопоглощение, каменное литье значительно превосходит традиционные материалы. По шкале твердости Моаса каменное литье имеет 7÷8-ю группу, уступая лишь алмазу и корунду.

Показателем, ограничивающим эксплуатационные возможности каменного литья, является повышенная хрупкость (низкая ударная вязкость). Уменьшения хрупкости добиваются путём армирования изделий металлическими сетками или применением закладных элементов. Данное качество следует учитывать при конструировании новых изделий из каменного литья.

1.2 Стойкость каменного литья к агрессивным средам.

Как видно из таблицы 3 каменное литьё является устойчивым к воздействию практически всех кислот, кроме плавиковой. Следует также отметить хорошую стойкость каменного литья в расплавленном алюминии.

Таблица 3

Наименование материала	Стойкость каменного литья в различных средах											
	H_2SO_4 (конц)	**H Cl (конц)**	**H Cl (р-р 20 %)**	**CH_3COOH (конц)**	**HNO_3 (р-р 56 %)**	**H_3PO (р-р 85 %)**	**HF (р-р 45 %)**	**NaOH (р-р 20 %)**	**NaOH (р-р 40 %)**	**KOH (р-р 20 %)**	**KOH (р-р 40 %)**	**KOH (р-р 50 %)**
Износостойкое каменное литьё	99	90	97	97	95	95	40	95	87	98	95	85
Термостойкое каменное литьё	96	80	92	Не исследовались								

1.3 Эксплуатационные свойства каменного литья

Кроме перечисленных выше, можно обозначить еще ряд положительных свойств каменного литья:

- **сопротивление каменного литья разрушению** в результате термических напряжений (термическая стойкость) при перепадах температур в интервале 20600°С по ГОСТ 6145-55 для термостойкого каменного литья – не менее 20 теплосмен;
- **коэффициент температуропроводности**, характеризующий скорость распространения температуры в материале для износостойкого и термостойкого литья составляет $1{,}24 \times 10^3$ $м^2$ /ч (при температуре до 100 ^{0}С) и $3{,}22 \times 10^3$ $м^2$ /ч (при температуре до 900 ^{0}С);
- **Диэлектрические свойства каменного литья**:

удельное объемное электросопротивление – 1,7-3,0 10^5 ·ОМ·м диэлектрическая прочность – 0,8-3,0 кВ/мм диэлектрическая проницаемость, при f=50 Гц – 0,095-0,13 диэлектрические свойства могут быть улучшены, если уменьшить содержание в каменном литье железа и марганца или если использовать светлокаменное или доломитовое литье;

- **каменное литье не подвержено старению** – его свойства со временем не изменяются;
- **каменное литье при взаимодействии с радиоактивными веществами** эффективно задерживает радиацию и не образует радиоактивной пыли.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАМЕННОГО ЛИТЬЯ.

Анализ работы оборудования и сооружений добывающих предприятий, металлургии, а также других отраслей промышленности, подвергающихся абразивному изнашиванию, воздействию агрессивных сред и повышенных температур, показал, что большая часть поверхностей оборудования не защищена или защищена малоэффективными материалами от разрушающего воздействия рабочей среды; при этом более 90 % площади оборудования и сооружений работают при давлениях менее 5 Мпа.

По своим прочностным свойствам каменное литье выдерживает нагрузки значительно превышающие 5 Мпа и поэтому может широко использоваться для защиты оборудования от абразивного изнашивания, воздействия агрессивных сред и повышенных температур, что подтверждается многолетней практикой эксплуатации камнелитых изделий в различных отраслях промышленности, обеспечивая увеличение срока службы оборудования до нескольких десятков раз.

2.1 Каменное литьё в горнодобывающей и металлургической промышленности.

Наиболее широкое применение каменное литье нашло в системах шламоудаления и гидроподачи рудных материалов.

Каменным литьем футеруют хвостопроводы, пульпопроводы, сливные каналы, течки, лотки, воронки, желоба, гидроциклоны, классификаторы, бункера и другое оборудование.

Хвостопроводы, футерованные каменным литьем, служат 10 и более лет, в то время как металлические в этих же условиях не более 6-10 месяцев. Трубы, футерованные каменным литьем, превосходят по сроку службы более дорогостоящие трубы из биметалла.

На Ново-Криворожском ГОКе более 10 лет эксплуатировался камнелитой шламопровод длиной 600 м. сечением 800 и 500 мм, в то время, как металлический служил не более 2-х лет.

При применении камнелитых желобов их износ составляет в год 1 мм, в то время, когда металл изнашивается на 6-10 мм.

Гидроциклоны, футерованные каменным литьем, превосходят по своим эксплуатационным характеристикам чугунные, футерованные резиной или полиуретаном. Камнелитые мультициклоны в системах очистки воздуха на обогатительных фабриках служат свыше 10 лет без значительного износа.

На металлургических комбинатах камнелитые изделия применяют для футеровки коксовых воронок и коксовых бункеров. Износ этой футеровки в год составляет 2-2,5% (по толщине), в то время, когда марганцовистая сталь толщиной 40 мм изнашивается за 1-1,5 года. Такая футеровка применяется на Донецком мет.заводе, Ново-Липецком и Кузнецком мет.комбинатах. В прокатных цехах камнелитые желоба используются в системах гидросмыва окалины.

Системы гидросмыва окалины снабженные камнелитыми желобами, установлены в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Ашинский металлургический комбинат», ОАО «Первоуральский новотрубный завод», ОАО «Абинский электрометаллургический завод».

Для очистки выходящих газов на агломашинах применяются блочные мультициклоны с элементами из каменного литья. По сравнению с элементами из чугуна они менее громоздки, за счет низкого сопротивления стенок элементов отделение выходящих газов от пылевидных частиц происходит более технологичнее.

В промышленности цветных металлов каменным литьем зафутерованы отдельные узлы флотомашин, пульпопроводов 1-ой стадии измельчения сырья, классификаторы, гидроциклоны, приемные зумпфы насосов и пробоотборщиков, классификаторы, контактные чаны, желоба, течки между флотомашинами, телескопы тарельчатых питателей, полы под маслосистемами и др.

На обогатительной фабрике Балхашского ГМК эксплуатировался песковый желоб реечного классификатора, зафутерованный каменными плитами. Такая футеровка служит более 3-х лет в сравнении 6 месяцами работы металлической. Там же в сушильно-фильтровальном цехе скрубберы мокрой очистки, защищенные камнелитыми плитами, служат около 2-х лет, тогда, как металлические работали не более 2-х месяцев.

В алюминиевой промышленности каменным литьем заменена асбестовая защита электролизных ванн, а в системах пневмо- и гидроподачи компонентов и растворов применяются трубы Ø 159-325 мм с внутренней футеровкой каменным литьем.

Открытые хвостопроводы и течки на фабриках и карьерах также футеруются каменным литьем, что позволяет значительно увеличить срок их службы.

На ОАО «Комбинат КМА-руда» в 2008 г. был установлен вертикальный шламопровод для закачки шламовых стоков в шахтные пустоты на глубину более 600 м.

2.2 Каменное литьё на предприятиях нерудных материалов.

На предприятиях нерудных материалов течки, футерованные каменным литьём стоят по 7-10 лет без видимого износа, в то время, как футерованные более дорогим марганцовистым литьём не более 1 года. Применение резиновой футеровки также не даёт таких технико-экономических показателей, которые могут быть получены при применении каменного литья.

Эффективно применение в системах пневмоподачи сыпучих материалов (доломита, кварцита и др.) труб, футерованных каменным литьём, стойкость которых в условиях высоких скоростей подачи превосходит стоимость металлических труб более, чем в 10 раз.

2.3 Каменное литьё в угольной промышленности.

В угольной промышленности каменным литьем футеруют сепараторы, желоба и отсадочные машины, скребковые транспортеры и бункера, трубопроводы. Скрубберы, футерованные каменным литьем, служат в 3-4 раза дольше, чем бетонные, железобетонные или резиновые. На флотомашинах каменным литьем футеруют трубопроводы для передачи пульпы, а также сами корпуса таких машин.

Также известны примеры эффективного применения такой футеровки для бункеров концентрата скребковых конвейеров, валков грохота, контактных чанов, сгустительных воронок. Во всех этих случаях срок службы по сравнению с металлом увеличивался от 3 до 10 раз.

На углеобогатительных фабриках используются гидроциклоны, футерованные каменным литьем, которые по своим эксплуатационным свойствам более эффективны, чем гидроциклоны, футерованные другими материалами (износостойкий чугун, резина, полиуретан и пр.)

Наиболее эффективна защита каменным литьем желобов, течек и трубопроводов шламовых вод. На одном из комбинатов ОАО «Кузбассуголь» с помощью камнелитого трубопровода к обогатительной фабрике подают 30-35 тыс. $м^3$ материала, тогда, как металлический трубопровод пропускал 6 тыс. $м^3$ материала и выходил из строя.

2.4 Каменное литьё в стекольной промышленности.

В стекольной промышленности, на стекольных, электроламповых и кинескопных заводах широко используются пневмопроводы с каменным литьём, срок службы которых составляет 15-20 лет, в то время, как обычная стальная труба с толщиной стенки 8-12 мм приходит в негодность через 3-6 месяцев. Каменная футеровка обладает ещё и свойством пониженного механического сопротивления проходу транспортируемых материалов, что делает процесс более технологичным.

В 2005 г. на ОАО «Кавминстекло» были заменены трубопроводы подачи компонентов стекловаренного производства (доломит, полевой шпат и

хромовый огарок) Ø 219 мм. со стенкой стальной трубы 10 мм.. на футерованные каменным литьем. Стальные трубы выходили из строя каждые 2-3 месяца. На протяжении многих лет трубы футерованные каменным литьем работают без видимого износа. Это приносит огромную экономическую выгоду предприятию

2.5 Каменное литьё в химической и коксохимической промышленности.

Каменное литье не вступает в химическую реакцию с агрессивными средами, поэтому является незаменимым антикоррозийным материалом.

На химических и коксохимических предприятиях каменным литьем футеруют корпуса и ловушки сатураторов, оборудование реакционных башен, коксовые рампы (термостойкое литьё), отстойники для генерированной кислоты, змеевики, перегонные котлы, травильные ванны, кислотопроводы, фильтры, сборники жидкостей и масла, дистилляционные башни, баки, мешалки, цистерны и сборники кислот, раковины, ковши и эскгаустеры для кислотных паров, коксовые платформы, днища флотаторов и другое оборудование.

Наиболее широкое применение в данной отрасли нашло термостойкое каменное литье для футеровки коксовых рамп и систем подачи горячего кокса (течки, воронки и т.п.). Таким образом, удалось уйти от дорогостоящих футеровки нержавеющих сталей и свинца при сохранении эксплуатационных характеристик. Более дешевые заменители – чугун, шлакокаменное литье эксплуатировались гораздо меньший межремонтный период, что приводило к увеличению затрат на ремонт.

Футеровка каменным литьем баков емкостей и цистерн позволяет надежно защитить дорогостоящее оборудование от агрессивных жидкостей.

Как и в остальных отраслях промышленности, здесь эффективно применяются трубы, футерованные каменным литьем для подачи агрессивных жидкостей.

На протяжении многих лет используются пневмопроводы, защищенные износостойким каменным литьем для подачи порошкообразных удобрений (азотных, фосфорных, сложных и пр.) на предприятиях по производству минеральных удобрений таких, как ОАО «Акрон», ОАО «Балаковские минеральные удобрения», ОАО «Фосфорит» и др..

Имеется опыт применения базальтовых кирпичей в качестве несущих конструкций в адсорбционных башнях, что дает значительный экономический эффект в сравнении с нержавеющими сталями.

Системы отвода и подачи агрессивных газов (в т.ч. трубы, газоходы, камеры) также рекомендуется защищать каменным литьем для увеличения срока службы.

2.6 Каменное литьё в энергетической промышленности.

Каменное литье в энергетической промышленности нашло широкое применение на угольных станциях. Его используют для футеровки скрубберов, труб Вентури систем гидрозолоудаления, золопроводов, для систем подачи угля и угольной пыли, а также для изготовления камнелитых сопел.

За счет своих уникальных свойств камнелитые вкладыши, которыми футеруются системы гидрозолоудаления, не вступают в реакцию с горячими шлаками и не подвержены истиранию при их гидро- и пневмотранспортировке, что позволяет надежно защитить металлические трубы от износа. Такие золопроводы эксплуатируются без замены до 20 лет. Аналогичную функцию выполняют камнелитые желоба.

Системы камнелитых желобов на самотечном удалении золы установлены на многих тепловых электростанциях – на Хабаровской ТЭЦ-3, УстьИлиимской ТЭЦ, Сосновоборской ТЭЦ и на целом ряде объектах электроэнергетики.

В 1997 г. на Кумертауской ТЭЦ ОАО «Башкирэнерго» была произведена футеровка каменным литьем дымососа мелющего вентилятора. Без футеровки камнелитыми плитками дымосос приходил в негодность каждые 2-3 месяца. После модернизации этого оборудования ежегодные проверки в течение 14 лет не выявили сколько-нибудь значительного износа.

Скруббера и трубы Вентури футеруются плиткой или специальными фасонными изделиями, отлитыми из каменного литья, что позволяет надежно защитить такие изделия в наиболее опасных местах.

В системах пневмозолоподачи футеровка трубопроводов каменным литьем позволила увеличить срок их службы в 5-8 раз. То же можно сказать о камнелитых соплах. Имеются также разработки контейнеров для хранения отработанного ядерного топлива для атомных электростанций, так как каменное литье может длительно не взаимодействовать с ОЯТ и не создавать радиоактивной пыли. Камнелитая внутренняя оболочка таких контейнеров позволяет удерживать радиоактивные вещества от взаимодействия с окружающей средой.

2.7 Каменное литьё в промышленности строительных материалов.

В промышленности строительных материалов наибольшее применение нашли трубы и фитинги (отводы, тройники, крестовины) наружным диаметром от 100 до 375 мм. Футерованные изнутри камнелитыми вкладышами, они используются в системах пневмоподачи (в основном цемента, стекла или их составляющих). Такие трубопроводы не изнашиваются длительное время, не образуют свищей, а значит, не создают запыленности в производственных помещениях. Такие же трубы стоят и в системах гидрозолоудаления.

В настоящее время на пневмоподачах многих цементных заводов России и некоторых стран СНГ установлены трубы и отводы футерованные каменным

литьем. Это предприятия Евроцемент Групп, ОАО «Мордовцемент», ОАО ХК «Сибирский цемент», ОАО «Серебряковцемент» и многие другие.

В целях более длительной эксплуатации каменным литьем футеруют циклоны, газоходы, элементы очистки воздуха.

Также имеется опыт применения каменного литья в течках и желобах для подачи сыпучих материалов.

В 1998 г. на Сухоложском огнеупорном заводе был установлен трубопровод, футерованный каменным литьем, предназначенный для возврата некондиционного шамота на домол в шаровую мельницу. По прошествии 12 лет износа практически нет. До этого не защищенный каменным литьем трубопровод меняли 2 раза в год.

2.8 Каменное литьё в строительстве и коммунальном хозяйстве.

В коммунальном хозяйстве есть примеры использования канализационных труб, футерованных каменным литьем. За счет того, что камень не подвержен коррозии и не изнашивается, удается значительно увеличить срок службы таких труб, уменьшить вероятность возможных аварий и экологических катастроф. Особенно эффективно их применение в тех местах, где нет возможности частой замены таких труб (в центре города, под автомагистралями и т.д.). Для канализационных коллекторов также изготавливают плитку, кислотоупорный кирпич, тюбинги, фасонные защитные части. Применяются также бордюрные камни из каменного литья для пешеходных и автомобильных дорог.

В строительстве широкое применение нашло светлокаменное литье. Светлокаменными плитами облицовывают общественные здания, путепроводы, возможна замена гранита и мрамора при изготовлении цоколей, карнизов, лестничных ступеней. Интересно применение светлокаменных
плит для облицовки метрополитена.

В качестве вяжущих составов при изготовлении аппаратов для химических производств применяются кислотоупорные цементы на основе кислотоупорного порошка - размола каменного литья. Кислотоупорные бетоны и замазки нашли применение во всех отраслях промышленности.

В связи с тем, что бетонная защита береговых укреплений от морской волны недолговечна, применяют ее облицовку каменным литьем.

2.9 Каменное литьё в других отраслях промышленности.

В электротехнической промышленности применяют камнелитые изоляторы, щеткодержатели, камнелитую футеровку аккумуляторных сосудов электролизных ванн, сосудов для кислот.

В машиностроении каменным литьем футеруют травильные ванны, хранилища для агрессивных сред, выкладывают полы производственных помещений, изготавливают фундаменты для станков и машин.

На заводах эмалевой и лакокрасочной промышленности нашли применение мелющие шары и футеровки мельниц.

В сельском хозяйстве – полы для загонов КРС в забойных отделах, кровесточные канавы, футеровка лотков и силосных башен.

В пищевой промышленности каменным литьем облицовывают полы пивоваренных заводов, молокозаводов, кондитерских фабрик и мясокомбинатов. Возможно применение каменного литья для футеровки свекломоек, подающих желобов, разделочных площадок.

В целлюлозно-бумажной промышленности камнелитые изделия пригодны для футеровки варочных котлов, трубопроводов для агрессивных сточных вод и др.

На транспорте из каменного литья можно изготавливать устои мостов, облицовки, сегменты для тоннелей, бордюрные камни для дорог и др.

В аэрокосмической отрасли каменным литьем специального состава футеруют огнеотводящие каналы стартовых столов.

Для ядерной промышленности разработаны специальные контейнеры для захоронения отработанного ядерного топлива.

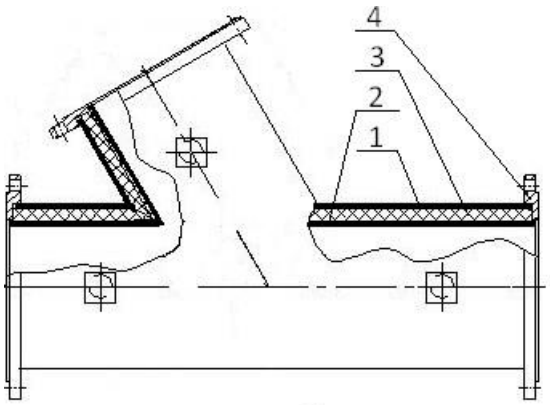
В соответствии с пожеланиями заказчика возможны незначительные изменения в конструкциях фитингов.

Тройники, отводы и крестовины изготавливаются непосредственно по заявке заказчика, с необходимыми им размерами и параметрами.

Данная продукция нашла применение и хорошо зарекомендовала себя на таких предприятиях, как Качканарский ГОК, Высокогорский ГОК, СоколовскоСарбайское ГПО", Иркутскэнерго, АК Алроса и многих других.

На рисунках 3.2 и 3.3 показаны вариант футервки отвода камнелитыми вкладышами и вариант тройника с заливкой каменным литьём по принципу «труба в трубе» (когда каменное литьё заливается между внутренней и наружной металлическими оболочками).

Более точную информацию с размерами и другими параметрами труб и фитингов можно найти в технических условиях или нормалях завода (документацию можно скачать с сайта www.npcugo.ru).



1.Наружная металлическая оболочка 2.Внутренняя металлическая оболочка 3.Заливка камнем 4.Фланец

Рис 3.2 Тройник, футерованный каменным литьём по методу "труба в трубе".

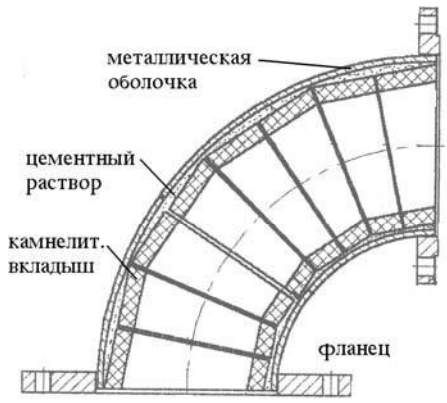


Рис 3.3 Отвод, футерованный каменным литьём (фланцевое соединение).

3.2 Плитка из износостойкого каменного литья.

Камнелитые плиты применяются в качестве защитных покрытий оборудования, подверженного абразивному изнашиванию, воздействию различных химических реакционных компонентов, температурным перепадам.

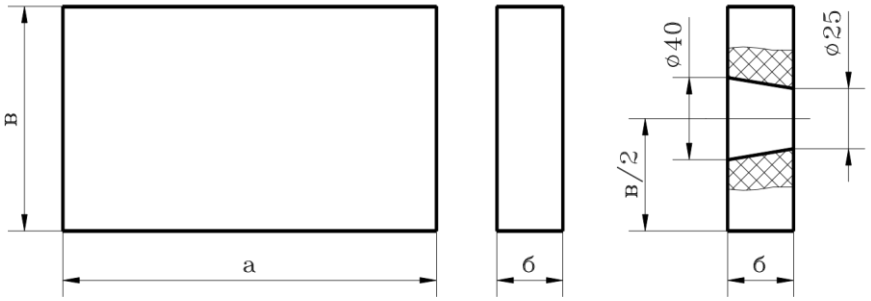
Камнелитые плиты используются для футеровки:

- ✓ в горно-обогатительном производстве: бункеров, течек, желобов, питателей, гидроциклонов, пульпо- и шламопроводов;
- ✓ в металлургии: бункеров, течек, циклонов, желобов смыва окалины, емкостей для агрессивной жидкости, полов травильных отделений;
- ✓ в энергетике: газоходов, сепараторов пыли, циклонов, золоуловителей, каналов ГЗУ.

ПЛИТЫ ИЗ КАМЕННОГО ЛИТЬЯ ПО ТУ 5714-003-44643319-2015

Применяются в качестве защитных покрытий оборудования, подверженного абразивному изнашиванию, воздействию различных химических реакционных компонентов, температурным перепадам, а также для устройства полов в зданиях и сооружениях.

Вариант с отверстием



Средний срок службы, в зависимости от условий эксплуатации, составляет порядка 5-ти лет.

Основные размеры

Обозначение	а, мм	в, мм	б, мм	Масса, кг
ППИ250х200х30	250	200	30	3,8 (3,7)
ППИ300х250х30	300	250	30	5,6 (5,5)
ППИ350х250х30	350	250	30	7,9 (7,8)
ППТ300х300х40	300	300	40	10,8

ППИГ - плита из износостойкого горнблендитового каменного литья, поставляется с коническим отверстием и без него. Данные в скобках для плит с отверстием.

ППДТ - плита из термостойкого доломитового каменного литья, поставляется без отверстия.

Физико-механические свойства	**Износостойкое литье**	**Термостойкое литье**
Кислотостойкость в $H_2 SO_4$	98%	92%
Кислотостойкость в H Cl	89%	80%
Предел прочности при сжатии, не менее	250 МПа	100 МПа
Предел прочности при изгибе, не менее	30 МПа	10 МПа
Истираемость, не более	1,2 кг/м2	1,4 кг/м2
Количество теплосмен, не менее	-	20

Возможно изменение размера плиты по желанию заказчика.

3.10 Футеровка емкостей с агрессивными средами

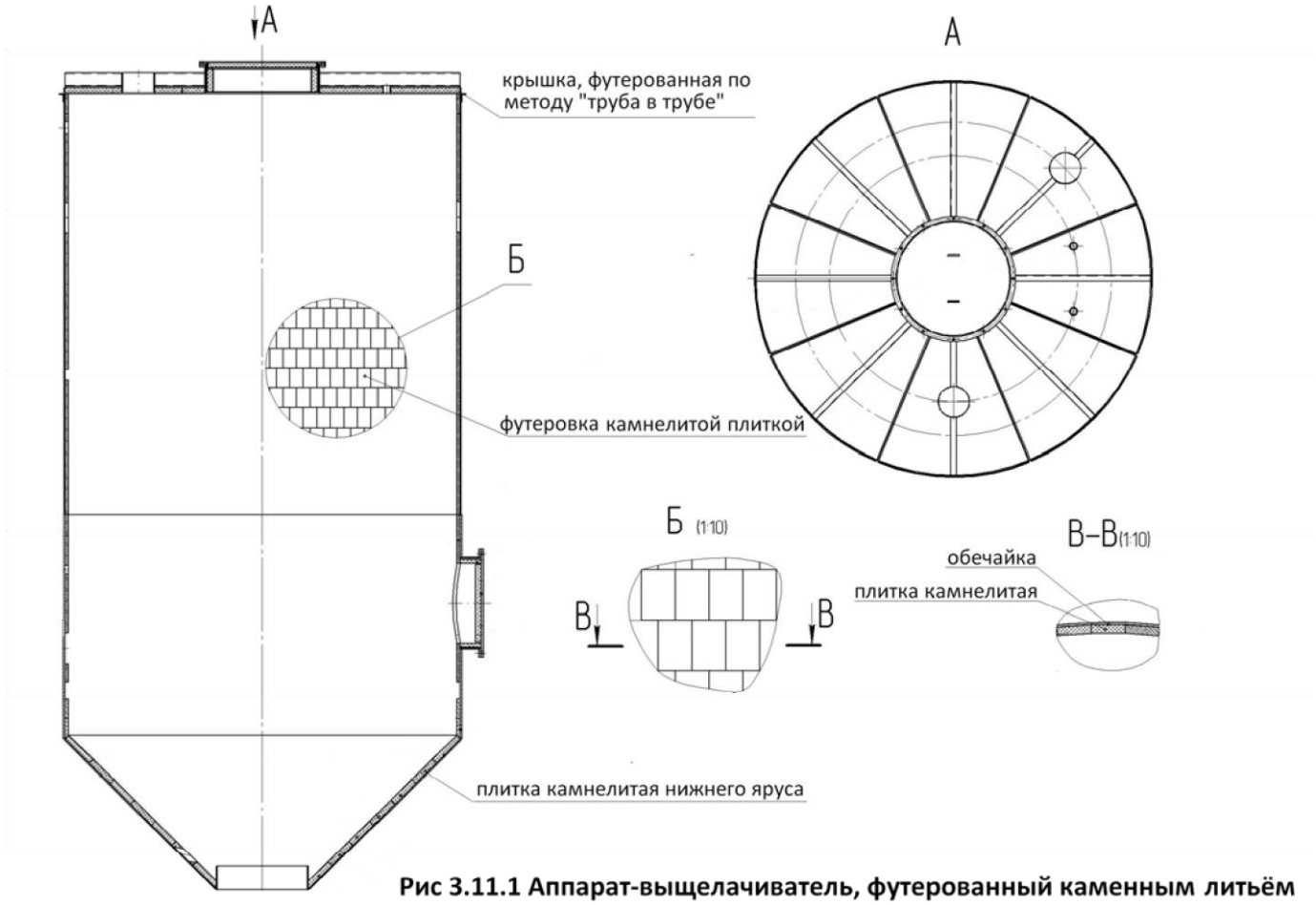


Рис 3.11.1 Аппарат-выщелачиватель, футерованный каменным литьём

Завод имеет возможность полного изготовления или футеровки аппаратов, работающих под давлением при наличии агрессивных сред и абразивного воздействия.

3.11 Порошок кислотоупорный.

Порошок кислотоупорный представляет собой материал, изготовленный измельчением в шаровой мельнице каменного литья. Кислотоупорный порошок является одной из основных частей кислотоупорного раствора, применяемого для футеровочных работ оборудования, работающего в химически агрессивных условиях (гальванические, травильные ванны, электролизеры, полы химических цехов, газоотводные трубы, футеровка скрубберов на теплоэлектростанциях и т.п.), укладки защитной кислотоупорной камнелитой или керамической плитки, заделки стыков и футеровки различных каналов, труб и т.д.

Эта продукция отлично себя зарекомендовала на предприятиях металлургической, химической и целлюлозно-бумажной промышленности, энергетики таких как Челябинский электролитноцинковый завод, АК «Ангарская нефтехимическая компания», Стерлитамакское АО «Сода», АО «Носта», Первоуральский новотрубный завод, АК «Белорецкий металлургический комбинат» Волгоградское АО «Каустик», ОАО «Галоген», ОАО «Синарский трубный завод», АО «Вишерабумпром», Камский ЦБК, ОАО «Уралэлектромедь», ОАО «Соликамскбумпром», Бугурусланское ОАО «Радиатор», Новосибирский завод химконцентратов, Магнитогорский метизно-металлургический завод, Казцинк, Соликамский магниевый завод, ОАО Куйбышевский нефтеперерабатывающий завод ,ОАО Томский нефтехимический комбинат, Свердловэнерго, Сахалинэнерго, Оренбургэнерго, Иркутскэнерго и многие другие .

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Окислы	Si O 2	Ca O	Mg O	Al2 O3	FeO + Fe2O3	Прочие
%	45-55	10-16	7-12	7-10	15-22	не более 15

Объемный вес порошка - 1500 - 1700 кг/м3., Влажность - не более 0,2%.

Кислотостойкость:

- в серной кислоте H2SO4 (концентрированной) не менее 98%,
- в соляной кислоте HCl не менее 85 %,
- в уксусной кислоте CH3COOH не менее 99%,
- в азотной кислоте HNO3 не менее 96%, в фосфорной кислоте H3PO4 не менее 98% .

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ (%)

Более 0,1 мм	0,1-0,07 мм	Менее 0,07 мм
12 - 16 %	19 – 24%	60 - 70%

Упакован порошок в бумажные 5-ти слойные мешки по 50 кг или в контейнеры по 1 тонне.

СОСТАВ КИСЛОТОУПОРНОЙ ЗАМАЗКИ

Кислотоупорный порошок 100 вес. частей Кремнефтористый натрий 5-6 вес. частей Стекло натриевое жидкое 37,5 - 45,0 вес. частей .

Кислотоупорный бетон, в основе которого лежит данный порошок, широко используется при сооружении строительных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред.

Имеются сведения о применении порошка при изготовлении деталей методами порошковой металлургии с получением изделий с более высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

3.8 Гидроциклоны, футерованные каменным литьем ГЦ-150КП, ГЦ-250КП

ГЦ – 360К, ГЦ – 500К, ГЦ – 710К, ГЦ – 1000К, ГЦ – 1400К

Завод серийно выпускает гидроциклоны от ГЦ – 360 до ГЦ - 1400, где в качестве футеровки используются детали, изготовленные из каменного литья. Места стыковки камнелитых вкладышей заделываются кислотоупорной замазкой.

Гидроциклоны, футерованные каменным литьем, имеют высокую стойкость, особенно при обогащении абразивных пород в агрессивных средах. Они хорошо зарекомендовали себя по надежности, долговечности и простоте обслуживания. По отзывам от организаций, эксплуатирующих гидроциклоны, футеровка из камня по своим характеристикам превосходит футеровку из полиуретана или износостойкой резины.

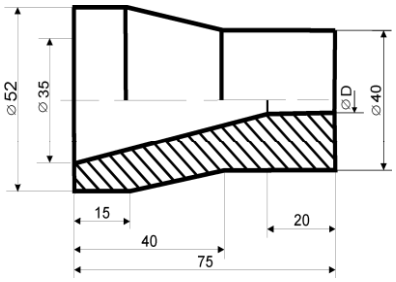
Возможно изготовление гидроциклонов по чертежам или типоразмерам Заказчика.

Технические характеристики гидроциклонов

№	Наименование параметров	Ед. изм.	ГЦ-150К	ГЦ-250К	ГЦ-360К	ГЦ-500К	ГЦ-700К	ГЦ-1000К	ГЦ-1400К
1	Производительность при напоре 1 кгс.см	$м^3$ /час	20	50	95	140	260	500	900
2	Давление на вводе	МПа	0,1-0,2	0,03-0,25	0,03-0,25	0,03-0,25	0,03-0,25	0,06-0,45	0,06-0,45
3	Внутренний диаметр цилиндрической части	мм	150	250	360	500	710	1000	1400
4	Угол конуса	град.	20	20	20	20	20	20	20

5	Эквивалентный диаметр питающего отверст.	мм	50	80	90	100	150	210	300
6	Диаметр разгрузочного отверстия	мм	70	100	125	150	200	250	368
7	Диаметр выходного отверстия	мм	12-34	24-75	34-75	75-110	75-110	100-200	150-350

3.9 Сопла камнелитые.



При гидросмыве золы на угольных ТЭЦ и ГРЭС нашли широкое применение сопла из каменного литья. Они обладают высокой стойкостью к истиранию и имеют сравнительно низкую стоимость при длительной долговечности.

Возможно применение сопел в других системах подобного вида (например при пневмораздуве абразивных материалов.

3.5 Камнелитые желоба.

Желоба предназначены для использования в качестве износостойкой, а также кислото-щелочестойкой футеровки каналов, эксплуатируемых при

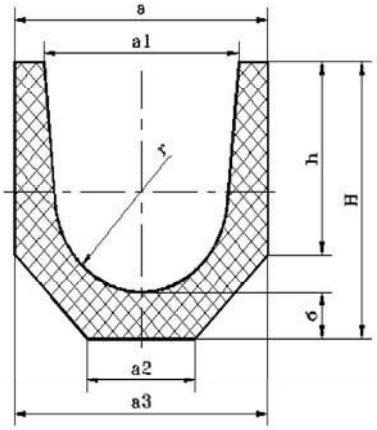


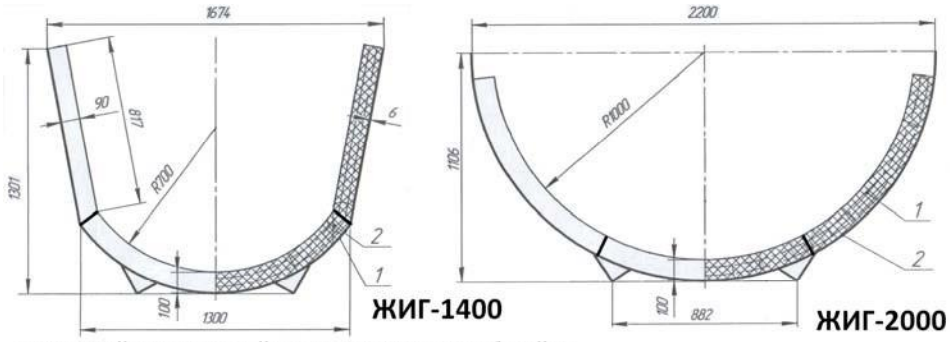
Рис 3.5.1 Желоба камнелитые

гидротранспортировке абразивных материалов (горная порода, шлаки, зола, окалина и др.).Могут изготавливаться цельнолитыми (до размера ЖИГ-1000, см. рис 3.5.1) или составными (см. рис 3.5.2).

Основные размеры цельнолитых желобов представлены в таблице.

Условные обозначения желобов	**r, мм**	**a, мм**	**a1, мм**	**a2, мм**	**a3, мм**	**h, мм**	**H, мм**	**б, мм**	**Длина желоба, мм**	**Масса 1пог.м, кг**
ЖИГ - 200	100	295	225	280	120	150	230	35	1000	71
ЖИГ - 300	150	420	340	390	160	220	340	45	1000	121
ЖИГ - 400	200	530	440	500	210	255	410	55	1000	175
ЖИГ - 500	250	660	550	600	300	315	515	65	1000	250
ЖИГ – 600	300	760	665	725	340	390	615	75	1000	359
ЖИГ – 700	350	870	775	825	390	455	715	85	1000	449
ЖИГ – 800	400	990	855	945	440	500	790	90	1000	571
ЖИГ – 1000	500	1220	1080	1130	520	570	915	95	1000	728

Освоено большое количество вариантов составных желобов (от ЖИГ-200 до ЖИГ-2000), их основные типоразмеры можно увидеть на сайте www.npcugo.ru. Возможно изготовление по чертежам и типоразмерам заказчика.



1.Стальной армирующий каркас 2.Наружная обечайка

Рис 3.5.2 Желоба составные (ОАО "ММК")

ООО НПО «УГО» серийно изготавливает трубы и фитинги (отводы, тройники, крестовины), футерованные каменным литьем для использования их при

гидро и пневмотранспортировке абразивных или химически активных материалов (горных пород, шлака, золы и т.д.) в напорных или самотечных трубопроводах.

Обозначение	Наружный диаметр трубы D, **мм**	Наружный диаметр вкладыша d, **мм**	Внутренний диаметр трубы (условный проход) dy, **мм**	Толщина стенки камнелитого вкладыша, **мм**	Масса 1 пог. метра камнелитого вкладыша, **кг**	Масса 1 пог. метра трубы, **кг**
ТФ 159	159	140	100	20	23	61
ТФ 219	219	195	155	20	36	88
ТФ 273	273	240	200	20	41	111
ТФ 325	325	290	250	20	71	131
ТФ 377	377	345	285	30	89	187
ТФ 426	426	395	335	30	103	213
ТФ 480	480	445	381	32	124	262
ТФ 530	530	490	426	32	138	305
ТФ 630	630	595	531	32	170	363
ТФ 720	720	685	615	35	214	449
ТФ 820	820	780	710	35	246	533
ТФ 920	920	880	804	38	301	623
ТФ 1020	1020	975	899	38	335	717
ТФ 1120	1120	1075	995	40	390	809
ТФ 1220	1220	1170	1090	40	446	950

Сравнительный срок службы труб применяемых для транспортировки породы для различных видов производств, приведён в таблице.

Вид производства, характеристика породы	**Срок службы металл. трубы**	**Срок службы футеров. трубы**
Высокоабразивная алмазная руда (кимберлит)	0,5-1 год	не менее 5 лет
Железные руды и их шламы	1-2,5 лет	не менее 10 лет
Кварцевые пески	до 2 лет	не менее 7 лет
Медно-цинковые соединения	до 2 лет	не менее 8 лет
Золы ТЭЦ	1-2 года	20-25 лет

Трубы и фитинги большого диаметра нашли широкое применение в системах золоудаления на угольных ТЭЦ, на хвостах и шламопроводах, мелкие диаметры применяются в системах пневмоподачи сыпучих материалов, пульпопроводах и т.п. Применение данного вида продукции позволяет значительно сократить затраты на приобретение, монтаж и эксплуатацию таких систем. (Более подробно экономический эффект от применения камнелитых труб описан в Приложении 2).

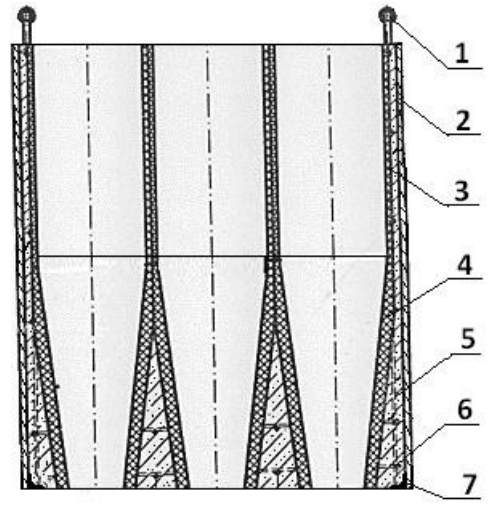
Трубы изготавливаются в эксцентричном и концентричном вариантах. Длина выпускаемых труб до 11 метров.

Соединение труб и соединительных частей - бандажами и фланцами.

Возможна поставка камнелитых вкладышей для футеровки труб отдельно. В соответствии с пожеланиями заказчика возможны незначительные изменения в конструкциях фитингов.

3.6 Мультициклоны.

Циклоны и мультициклоны (батарейные циклоны) используются для очистки дымовых газов от твёрдых частиц. Наиболее надёжной конструкцией является вариант, когда внутренний цилиндрический стакан и конус изготавливаются из каменного литья, затем склеиваются и собираются внутри металлических каркасов в 3-х или 9-и секционные блоки, после чего заливаются лёгким бетоном. В сравнении с обычными чугунными циклонами такая конструкция имеет следующиепреимущества:



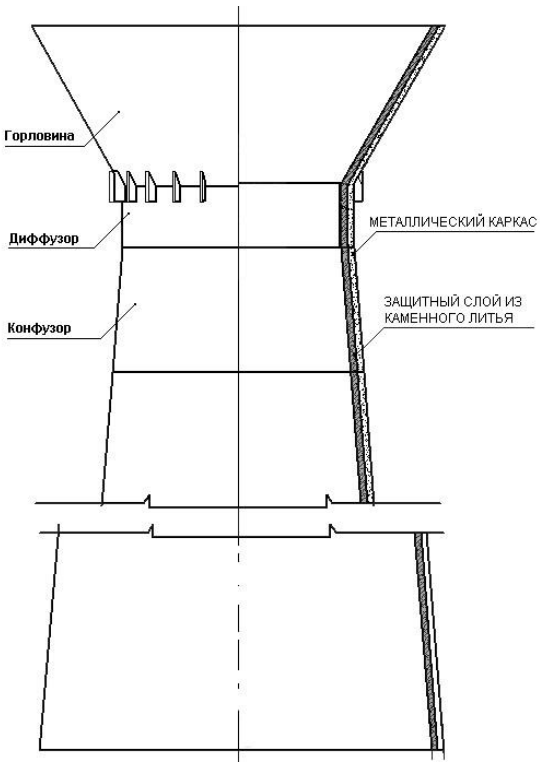
1.Петля 2.Наружный стальной кожух 3.Камнелитой цилиндрический вкладыш 4.Камнелитой конический вкладыш 5.Цементный раствор 6.Арматура 7.Уголок

Рис.3.6.1 Мультициклон с каменным литьём

- Срок службы не менее 6 лет, что в разы больше, чем у чугунных
- Из-за отсутствия износа внутренней камнелитой поверхности, её геометрические параметры остаются постоянными, что благоприятно влияет на качество очистки газа. - Меньшая масса изделий.
- Удобство монтажа. Готовые 3-х или 9-и секционные блоки зацепляют за вмонтированные в них петли и устанавливают рядом друг с другом непосредственно по месту.
- Стоимость ниже, чем у чугунных.
- В отличие от предыдущих конструкций, мультициклон заключён в наружный металлический

кожух, который снизу усилен уголком, что делает общую конструкцию более надёжной.

3.7 Трубы Вентури, футерованные каменным литьём.



Трубы Вентури находят широкое применение в системах очистки отходящих газов.

Конструктивно труба Вентури включает в себя горловину, диффузор, конфузор и форсунки для подвода орошаемой жидкости.

Футеровка труб Вентури каменным литьём позволяет уйти от использования в конструкции нержавеющих материалов и значительно увеличить срок службы трубы. Способы защиты труб каменным литьём а)футеровка каменной плиткой б)заливка монолитным расплавом каменного литья по методу «труба в трубе» в)комбинированным методом.

Трубы Вентури изготавливаются любой конфигурации в соответствии с требованиями

заказчика или тех. Заданием проектной организации.

Оптимальные размеры плитки: площадь поверхности-0,1-1 $м^2$, толщина 18-100 мм (наиболее приемлемая толщина:20-40 мм).

Физико-механические свойства

Физико-механические свойства	**Износостойкое литье**	**Термостойкое литье**
Кислотостойкость в $H_2 SO_4$ %	98	92
Кислотостойкость в H Cl %	89	80
Водопоглащение %	0,1	0,70
Предел прочности при сжатии, не менее МПа	250	100
Предел прочности при изгибе, не менее МПа	30	10
Истираемость, не более $кг/м^2$	1,2	1,4
Количество теплосмен, не менее	-	20
Рабочая температура, □C	150	800
Объемная масса $кг/м^3$	2900-3000	2800-2960

Возможно изготовление плитки различной конфигурации.

3.3 Плитка из термостойкого каменного литья

Применяется для футеровки коксовых рамп бункеров горячего кокса и другого оборудования, подверженного резким перепадам температур до 900^0 С. Кроме экономии материалов при футеровке такими плитами значительно улучшается сход кокса с рампы.

В отличие от износостойкого литья обладает повышенной термостойкостью.

Основные физико-механические характеристики приведены в таблице (см. выше).

.

Приложение № 4

ТРУБЫ , ОТВОДЫ, ТРОЙНИКИ и КРЕСТОВИНЫ СТАЛЬНЫЕ, ФУТЕРОВАННЫЕ КАМНЕЛИТЫМИ ВКЛАДЫШАМИ руководство по монтажу и эксплуатации 8499.00А1 РЭ

1.Общие сведения об изделии

Трубы стальные, футерованные камнелитыми вкладышами (далее – трубы), применяются для гидро- и пневмотранспортирования абразивных материалов (горные породы, шлаки, цемент и др.) с фракцией до 8 мм и скоростью до 15 м/с.
Соединение труб выполняется при помощи бандажей. На каждой трубе имеется по две петли, предназначенных для строповки при погрузочно-разгрузочных работах и перемещениях трубы во время монтажа.

2.Указание мер безопасности

Все монтажные работы производить в соответствии с национальными правилами безопасности, с учетом правил ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» и ПОТ РМ-007-98 «Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении груза».
Категорически запрещается подъем смонтированного участка трубопровода за петли, установленные на трубах (петли предназначены для строповки только одной трубы). При строповке необходимо применять чалки и грузоподъемные механизмы, соответствующие

весу труб (вес указан на трубах). Длина чалок выбирается таким образом, чтобы угол между ними был не более 60 градусов (см. рис.1).
Способ строповки при вертикальном монтаже труб указан на рис.2.

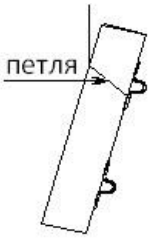


Рис.1 и рис.2 Схемы строповки труб

Внимание! Запрещается перенос труб за одну петлю!

3.Условия хранения

До выполнения монтажа трубы следует хранить в сухом закрытом помещении.Допускается хранить под навесом, не допуская попадания осадков. При длительном хранении необходимо не реже одного раза в 6 месяцев проводить осмотр наружной поверхности труб и, в случае обнаружения очагов коррозии в местах повреждения покрытия, выполнять подкрашивание краской, входящей в комплект поставки.

4.Подготовка изделия к монтажу и стыковке

При разгрузке труб необходимо предохранять их от ударов для предотвращения механических повреждений камнелитых вкладышей.
Транспортирование труб до места монтажа может производиться любым видом наземного транспорта с соблюдением мер, обеспечивающих сохранность труб от механических повреждений.
При проведении погрузочно-разгрузочных работ запрещается сбрасывать трубы с любой высоты.
Погрузка и разгрузка труб должна выполняться грузоподъемными средствами, подходящими по грузоподъемности. Масса труб указана в маркировке на каждой трубе.
Торцевая поверхность бандажей должна быть зачищена от краски до металла – для последующей сварки.

5.Требования к месту монтажа трубопровода

Место монтажа трубопровода должно быть оборудовано опорными конструкциями и подвесками в соответствии с требованиями проекта на трубопровод.
На открытой местности должны быть оборудованы подъезды для грузоподъемного транспорта (автокрана или др.) и транспорта, доставляющего трубы на место монтажа.

Если трубопровод монтируется в здании, то оно должно быть оборудовано грузоподъемными средствами или иметь свободный подъезд для грузоподъемного транспорта.

6.Монтаж трубопровода

Расположить соединяемые трубы в соответствии с рис. 3.

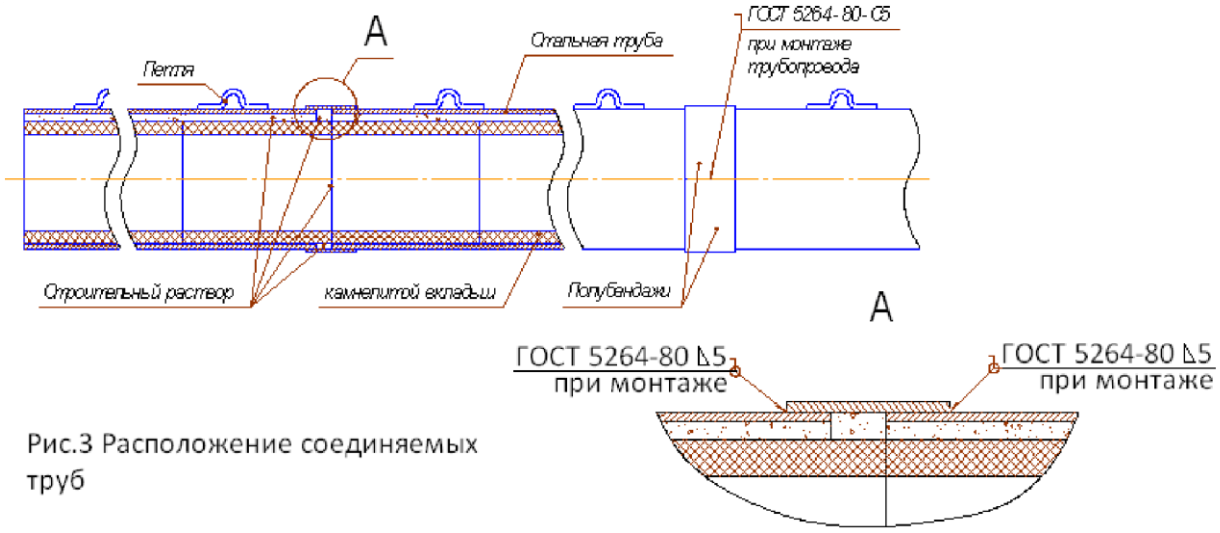


Рис.3 Расположение соединяемых труб

Непосредственно перед стыковкой на торцы соединяемых камнелитых вкладышей нанести тонкий слой (2…5мм) строительного раствора в соответствии с рис. 4, марки не ниже 75 по СН 290-74.

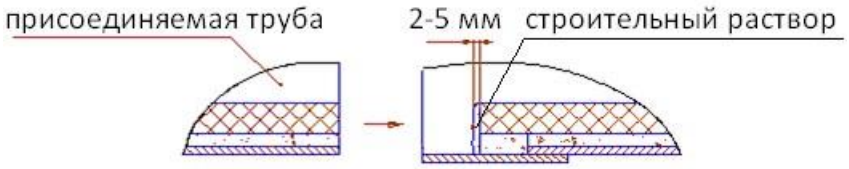


Рис.4 Нанесение строительного раствора

При горизонтальном расположении трубопровода на одну из соединяемых труб приварить нижнее полукольцо бандажа. Перед сваркой необходимо зачистить до металла торцы бандажей (см. п. 3.5). Сварку выполнять как можно быстрее после зачистки, не допуская образования ржавчины. Максимальное время от зачистки до сварки – 4 часа. Для предотвращения губительного термического удара при сварке рекомендуется соблюдать следующий порядок наложения сварных швов:

- выполнить прерывистый шов отрезками длиной 30…50мм с промежутками 30…50мм; - заварить промежутки до получения цельного сварного шва.

Катет сварного шва – 5мм. При сварке не допускать чрезмерных локальных перегревов. Это требование связано с хрупкостью каменного литья.

Далее необходимо расположить трубы встык друг к другу, плотно, без зазоров между

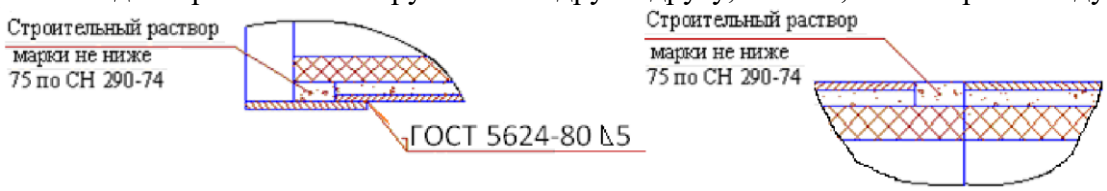


Рис.5 и рис.6 Заполнение строительным раствором

камнелитыми вкладышами. Для этого грузоподъемными средствами подвести подсоединяемую трубу и установить ее на выступающую часть предварительно приваренного нижнего полукольца бандажа, обеспечив плотное, без зазоров, прилегание камнелитых вкладышей друг с другом. Во время подвода и установки присоединяемой трубы необходимо предохранить торцы камнелитых вкладышей от механических повреждений, не допуская ударов.

Выполнение этих требований является определяющим для обеспечения дальнейшей длительной (без протечек) эксплуатации труб.

В соответствии с рис. 5 пространство между нижним полукольцом бандажа и выступающим камнелитым вкладышем заполнить строительным раствором.

Перед наложением верхнего бандажа наружную поверхность выступающего камнелитого вкладыша в соответствии с рис.6 обмазать строительным раствором марки не ниже 75 по СН 290-74, заподлицо с наружным диаметром металлических труб. Выполнить сварку бандажа:

- приварить нижнее полукольцо к присоединяемой трубе (рис.5);
- установить верхнее полукольцо бандажа строго над нижним полукольцом;
- приварить верхнее полукольцо к нижнему с одной стороны, по месту их соединения – см. рис.7;

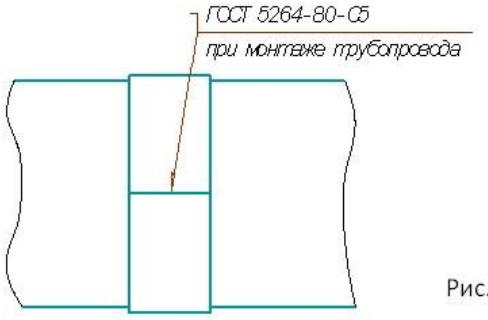


Рис.7 Сварка бандажей

- приварить верхнее полукольцо бандажа на прихватки. Прихватки располагать равномерно по длине. Начинать со стороны стыка, ранее выполненного по рис. 7, в направлении к противоположному стыку, обеспечивая плотное прилегания верхнего полукольца к наружному диаметру металлической трубы.

Для обеспечения плотного прилегания верхнего полукольца допускается его нагревание и рихтовка. В случае образования нахлеста между полукольцами лишнюю часть верхнего полукольца срезать газовой резкой;

- обварить верхнее полукольцо сплошным непрерывным швом. При сварке ранее наложенные прихватки полностью переплавлять.

Зачистить брызги сварки, закрасить сварные и прилегающие области.

Во время монтажа и в процессе эксплуатации запрещается приваривать к металлической трубе трубопровода какие-либо металлические конструкции.

Остальные требования к монтажу указаны в ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (раздел 5 «Требования к монтажу трубопроводов», п.7.1 «Сварка», п. 7.3 «Контроль качества сварных швов»).

7. Испытания

При необходимости после окончания монтажа и контроля качества сварных швов, трубопровод подвергается:

- ***визуальному осмотру***

При визуальном осмотре проверяется соответствие смонтированного трубопровода проектной документации (наличие всех опор и креплений, предусмотренных проектом), отсутствие прогибов стрелы трубопровода;

- ***приемочным испытаниям***

Вид испытаний (на прочность и плотность, герметичность) и величину испытательного давления уточнить по проекту на трубопровод.

Испытания проводить в соответствии с ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (п. 8.2 «Гидравлические испытания на прочность и плотность, п. 8.5 «Дополнительные испытания на герметичность»).

Испытания на прочность и плотность следует проводить одновременно.

При неудовлетворительных результатах испытаний обнаруженные дефекты должны быть устранены, после чего испытания повторить вновь.

После успешного проведения испытаний составляется акт на ввод трубопровода в эксплуатацию.

8. Указания по эксплуатации

Инструкцию по обслуживанию трубопроводов, футерованных камнелитыми вкладышами, разрабатывает организация, эксплуатирующая (обслуживающая) трубопровод, исходя из конкретных условий эксплуатации и особенностей трубопровода.

Техническое обслуживание трубопровода заключается в периодическом визуальном осмотре с целью своевременного обнаружения неисправностей.

При обнаружении течи необходимо:

- если обнаружена течь по сварке – заварить протечку, подкрасить;
- если обнаружена течь в другом месте - наложить и приварить заплатку наподобие бандажа, который использовался для соединения труб в трубопроводе.

При сварочных работах необходимо соблюдать вышеуказанные рекомендации (см. п.6).

Для предупреждения образования очагов коррозии на стальной трубе необходимо своевременно подкрашивать места с нарушенным покрытием. Периодичность осмотров и работ по восстановлению покрытия - 1 раз в три месяца.

Для определения степени износа труб стальных, футерованных камнелитыми вкладышами, необходимо производить периодические работы по толщинометрии трубопроводов. Периодичность работ – не реже 1 раза в год.

При производстве работ по толщинометрии следует руководствоваться следующими рекомендациями:

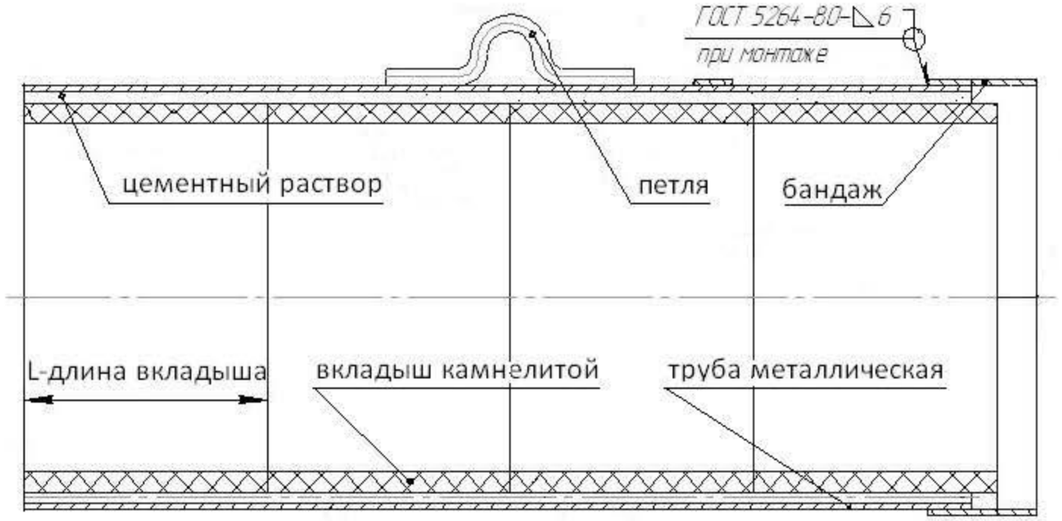
- толщину стенок измеряют на участках, работающих в наиболее сложных условиях. При этом на прямых участках внутрицеховых трубопроводов длиной до 20 м и межцеховых трубопроводов длиной до 100 м следует выполнять замер толщины стенок не менее, чем в трех местах по длине.
- во всех случаях контроль толщины стенки в каждом месте следует производить в 3 - 4 точках по периметру, а на отводах - не менее чем в 4 - 6 точках по выпуклой и вогнутой частям.
- езультаты измерений фиксируются в эксплуатационной документации на трубопровод. Минимальная толщина камнелитой футеровки без учёта толщины стальной обечайки: s = 10 мм.

Участки трубопроводов, на которых выявлена толщина футеровки $s < 10$ мм, считаются предельно изношенными и подлежат замене.

В случае заштыбовки трубопровода не допускается удаление штыбов механическими ударами по трубе (из-за опасности разрушения камнелитой футеровки) и применять давление, превышающее 1 МПа (10 кгс/см^2).

3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КАМЕННОГО ЛИТЬЯ

3.1 Трубы, футерованные каменным литьём по



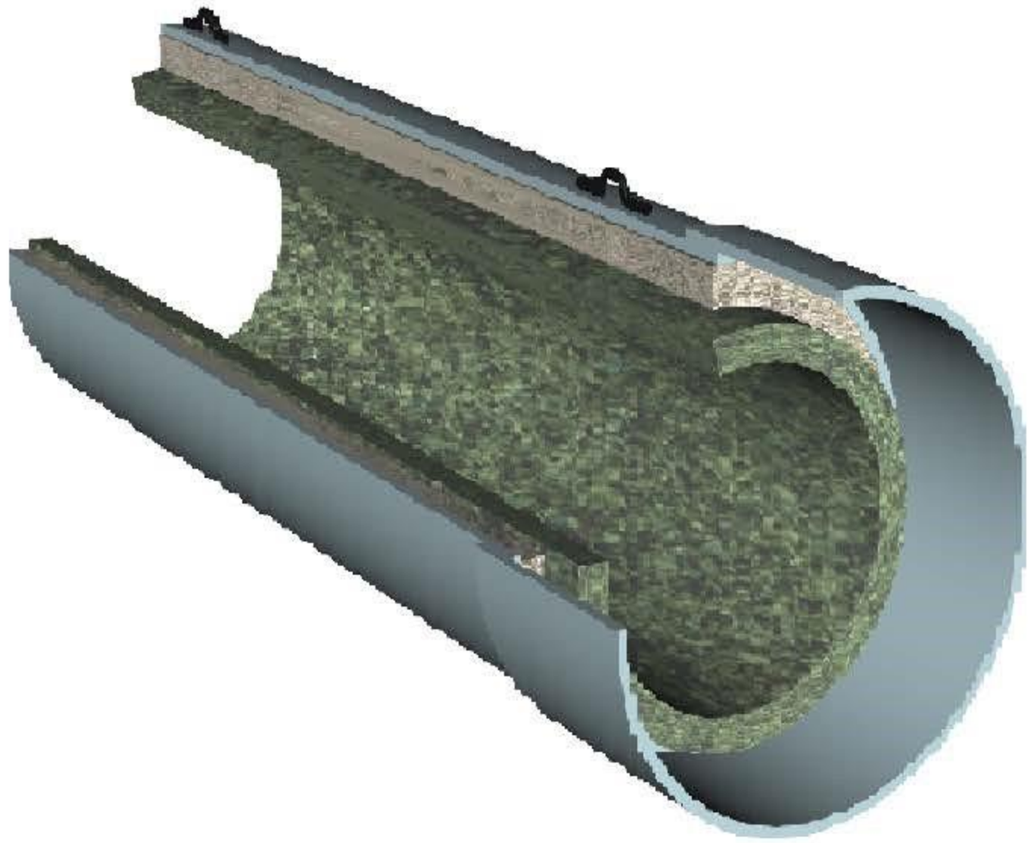
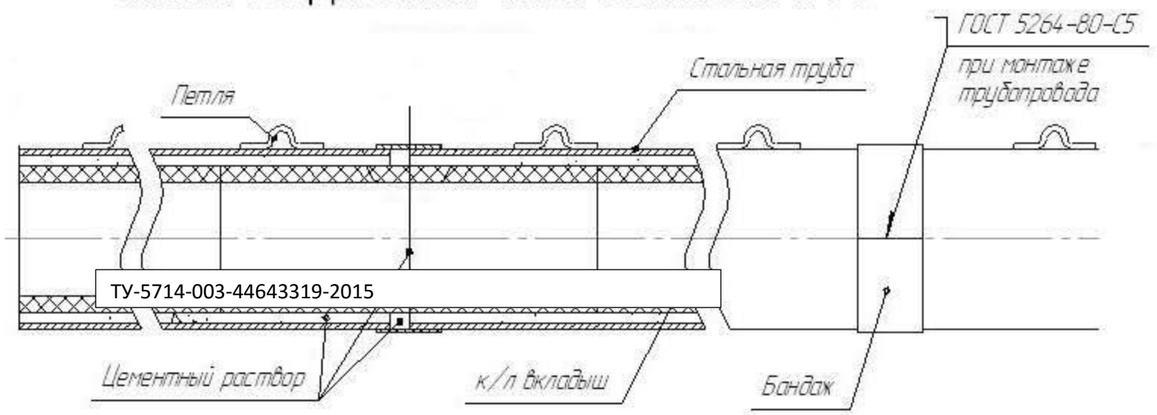
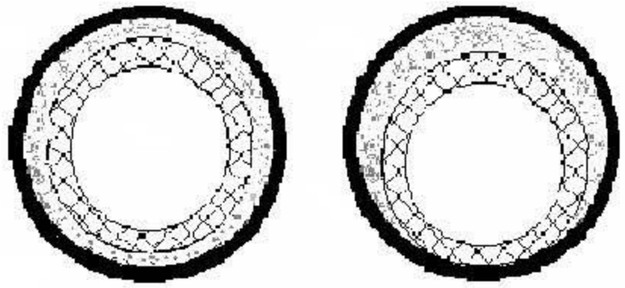


СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ФУТЕРОВАННЫХ ТРУБ



На чертеже показан вариант бандажного соединения.
Возможны также соединения на фланцы или комбинированные.

ВАРИАНТЫ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ТРУБЫ И ВКЛАДЫША ПРИ ФУТЕРОВКЕ



концентрично эксцентрично

Рис 3.1 Трубы футерованные камнелитыми вкладышами