

## ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ТРУБОПРОВОДОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И СМАЗОЧНЫХ СИСТЕМ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

### **Аннотация:**

В докладе рассматриваются технологические особенности проектирования изготовления и монтажа трубопроводов гидравлических и смазочных систем, включая гидросистемы с сервоприводами, системы с различными типами негорючих жидкостей и водяные гидросистемы. Также делается обзор современных тенденций и технологий бессварного соединения трубопроводов высокого давления с некоторыми примерами выполненных работ.

### **Введение:**

Современное металлургическое оборудование не может обойтись без использования различных жидкостей и газов, используемых как для передачи энергии, так и в качестве технологических сред для смазки, охлаждения/нагрева, удаления окалины и пр. Такими средами в прокатном производстве в основном являются: рабочие жидкости гидравлических приводов (гидравлические масла, гидравлические негорючие жидкости, биоразлагаемые гидр. жидкости), жидкие и густые смазки, водо-масляная эмульсия и вода, технические газы (воздух, азот и пр.).

Для транспортировки всех рабочих сред в металлургическом производстве в основном используются стальные трубы круглого сечения с различными типами соединений. Далее рассмотрены некоторые особенности таких трубопроводных систем.

### **Основные требования, предъявляемые к трубопроводам:**

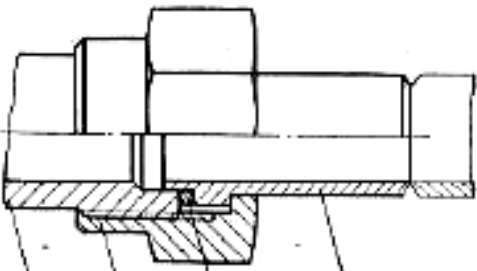
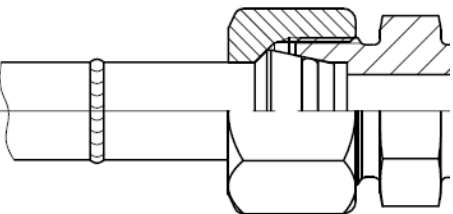
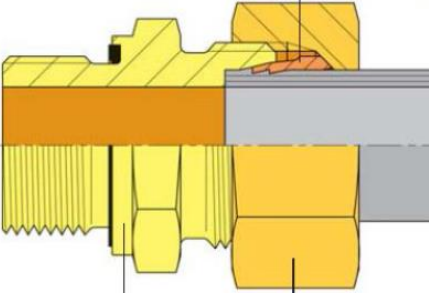
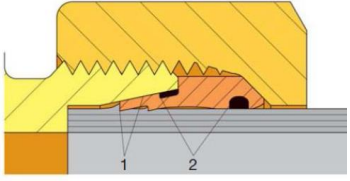
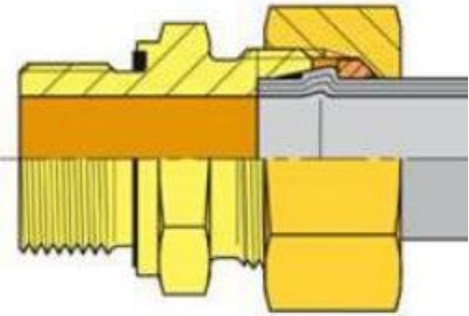
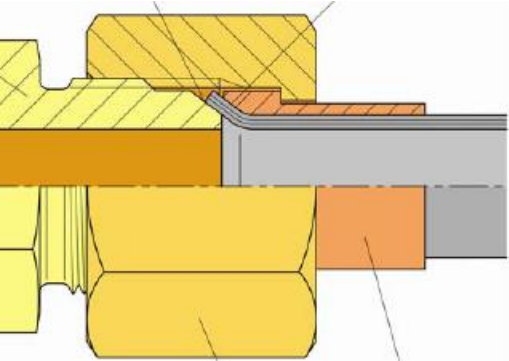
Если на первом месте среди причин выхода из строя гидравлических систем стоит наличие загрязнений рабочей жидкости, то на второе место можно поставить наличие наружных утечек рабочей жидкости, которые в частности происходят в соединениях систем трубопроводов. Требования по наружной герметичности становятся особенно важными при использовании вредных для здоровья человека и окружающей среды жидкостей, например, таких как негорючие гидравлические жидкости класса HFD на основе сложных эфиров фосфорной кислоты. Также существуют такие требования как: быстрота и удобство монтажа, требования к конструктивным возможностям при прокладке трубопроводов, требования по возможности разборки/сборки участков трубопроводов и др.

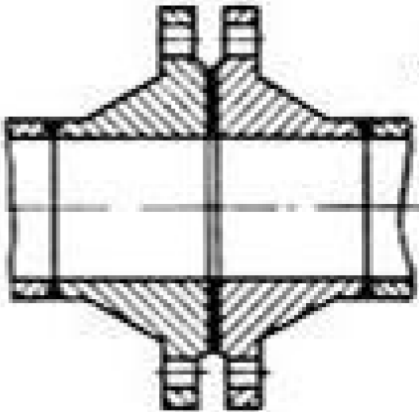
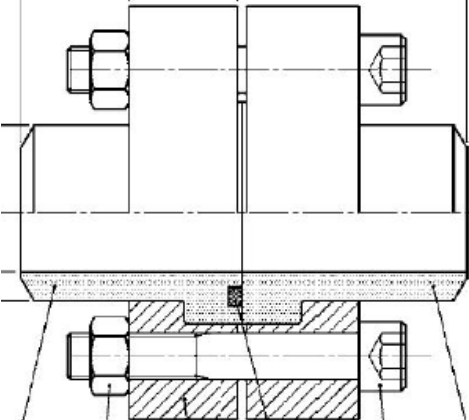
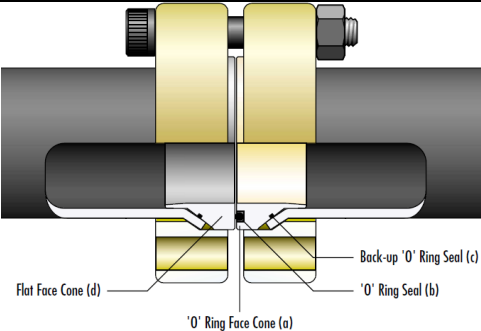
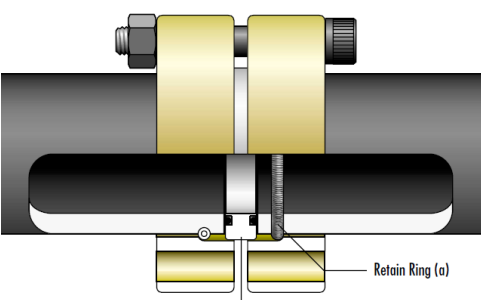
Некоторые требования к трубопроводам гидравлических и смазочных систем:

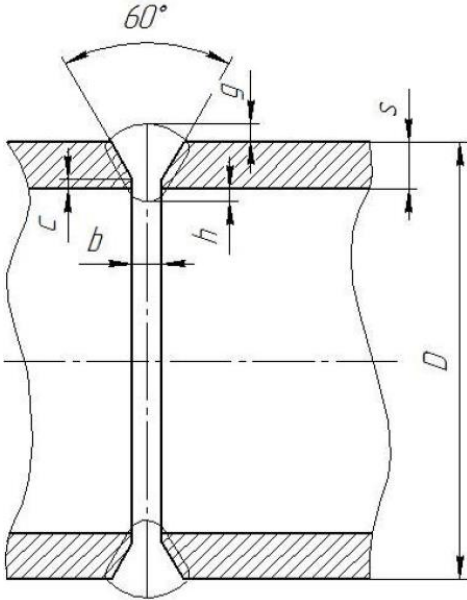
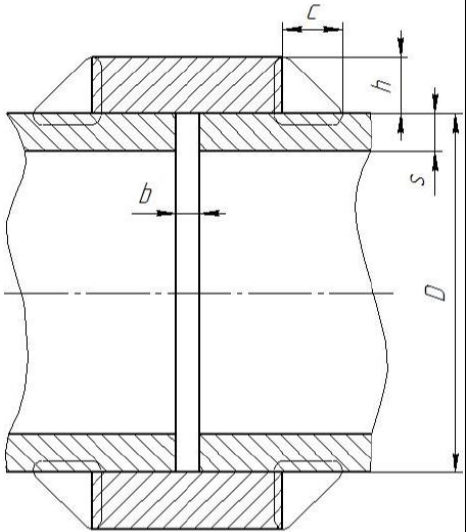

- наружная герметичность;
- прочность при высоких циклических нагрузках от давления среды;
- высокая жесткость крепления (минимальные упругие деформации при пульсации давления и расхода);
- подвижность (гибкость) в случае присоединения к подвижным частям оборудования;
- минимальное сопротивление течению рабочей среды (достаточный условный проход, шероховатость внутренних поверхностей, плавность переходов);
- возможность многократной разборки/сборки соединений без демонтажа оборудования;
- удобство при разводке трубопроводных систем: возможность использования малых радиусов гиба, большое разнообразие переходных соединений, низкая трудоёмкость при монтаже и пр.;
- унификация типов и размеров;
- стойкость к рабочим средам и окружающей среде;
- минимальные габариты и масса.

## Основные типы соединений, преимущества и недостатки:

Некоторые распространенные типы соединений трубопроводов высокого давления промышленной гидравлики и систем смазки.

<b>Разборные соединения:</b>		Недостатки/преимущества	
<b>РЕЗЬБОВЫЕ</b>	С торцевым уплотнением обжимной прокладкой «американка» -		«-» большие габариты и усилия затяжки; «-» необходимость замены прокладки при переборках; «+» допускаются низкие требования к качеству комплектующих;
	С эластичным уплотнением по конусу 24° с приварным ниппелем		«-» требуется приварка ниппеля; «+» отсутствие жестких требований к геометрии трубы; «+» высокая безопасность. Самое распространенное соединение в промышленной гидравлике.
	С использованием врезного кольца и конуса 24°		«-» низкая безопасность; «-» нетерпимость к вибрациям и пульсациям давления; «+» максимально простой бесварной монтаж; В основном используется для систем смазки.
	С использованием врезного кольца и конуса 24° в комплекте с уплотнениями		«-» низкая безопасность; «+» максимально простой бесварной монтаж;
	С формовкой конца трубы и эластичным уплотнением по конусу 24°		«-» высокая стоимость монтажного инструмента; «+» бесварной монтаж; «+» высокая безопасность, устойчивость к вибрациям и пульсациям;
	С развальцовкой конца трубы по конусу 37°		«-» более низкий уровень максимального давления; «-» существенные ограничения по размерам трубы; «+» относительно простой бесварной монтаж; «+» компактная конструкция; В основном используется в сельскохозяйственной и строительной технике.

Разборные соединения:		Недостатки/преимущества
ФЛАНЦЕВЫЕ	С уплотнением плоской обжимной прокладкой	 <p>«-» низкий уровень максимального давления;          «-» большие габариты;          «-» необходимость сварки;          «-» неповоротное соединение;          «+» невысокие требования к геометрии уплотняемых поверхностей;</p>
	С эластичным уплотнением в торцевой канавке	 <p>«-» высокие требования к качеству комплектующих;          «-» необходимость сварки;          «+» малые габариты и масса;          «+» высокие давления;</p>
	С развальцовкой конца трубы по конусу 37° (Flared system)	 <p>«-» ограничения по геометрии трубы (min и max толщина стенки);          «-» высокая стоимость монтажного инструмента;          «-» высокие требования к качеству комплектующих и монтажа;</p> <p>«+» бессварное соединение;          «+» высокие давления и Ду;</p>
	Со стопорным кольцом (Retain ring system)	 <p>«+» бессварное соединение;          «+» высокие давления и Ду;</p>

<b>Неразборные соединения:</b>			
<b>СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b>	Стыковые		<p>«-» необходимость выполнения торцевых фасок;</p> <p>«-» наличие внутреннего валика;</p> <p>«+» высокая надежность и безопасность;</p> <p>«+» минимальное количество стыков;</p>
	Нахлесточные		<p>«-» двойное количество стыков;</p> <p>«-» наличие зоны накопления загрязнений (мёртвый объём);</p> <p>«-» дополнительная деталь – толстостенная муфта;</p> <p>«-» невозможность УЗК и РК;</p> <p>«+» меньшее количество загрязнений от сварки;</p>
<b>БЕССВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b>	Обжимные соединения стальных труб		<p>«-» ограничения по геометрии трубы (min и max толщина стенки);</p> <p>«-» высокая стоимость монтажного инструмента;</p> <p>«-» высокие требования к качеству комплектующих и монтажа;</p> <p>«+» бессварное соединение;</p> <p>«+» максимально легкий монтаж;</p>

Указанные типы соединений предназначены для использования в гидросистемах и системах смазки, отличительной особенностью которых является значительные пульсации давления, однако они применяются также и в других отраслях.

Особенно следует отметить обжимные соединения, которые ранее не применялись для соединения стальных трубопроводов высокого давления. В настоящий момент существует возможность изготовить участок трубопровода практически любой геометрии на месте, точно также как, например, обжать по месту гибкий рукав, имея при этом минимальные габариты и необходимое монтажное пространство. Такое решение открывает самые широкие возможности как для разработчиков гидросистем, так и для монтирующих организаций.

## **Основные тенденции развития технологий трубопроводных соединений.**

Современное развитие технологий трубопроводных соединений гидравлических и смазочных систем ориентировано на применение различных типов бессварных соединений. Причины очевидны: низкая трудоёмкость и соответственно высокая скорость монтажа, чистые трубопроводы (промывка сводится к минимуму), отсутствие сварочных (пожароопасных) работ.

Однако такие решения требуют как применения качественных материалов и дорогостоящих инструментов, так и квалифицированных специалистов монтажников.

В настоящий момент в мире существует большое количество компаний производящих бессварные соединения трубопроводов высокого качества. Разработчик может выбирать различные технические решения, руководствуясь конструктивными, экономическими или иными соображениями.

Общее требование всех систем бессварных соединений – применение бесшовных прецизионных травленных труб, например, в соответствии с EN10305-4 *Трубы бесшовные холоднодеформированные для гидравлических и пневматических систем*, ГОСТ 9567-75 *Трубы стальные прецизионные*, DIN2391 *Бесшовные прецизионные стальные трубы*.

Стандартное решение для трубопроводки гидравлической или смазочной системы может быть: Труба бесшовная в соответствии с EN10305-4 из стали марки E235(1.0308), фосфатированная или гальванизированная с хромированием, закрытая пластиковыми заглушками.

Широкое применение в современных соединениях находят эластичные уплотнительные материалы, как правило, кольца различного сечения в закрытых канавках. Данное техническое решение позволяет минимизировать силы от действия давления и как следствие уменьшить габариты и массу трубопроводного соединения. Такие соединения выдерживают давления до 60 МПа и более, при этом допускают большое количество переборок. Недостатком использования эластичных уплотнений в соединениях трубопроводов можно назвать невозможность работы при высоких температурах, что однако редко является ограничением в гидравлических и смазочных системах.

## **Существующий опыт применения современных технологий монтажа трубопроводов гидравлики и смазки.**

В последние годы ООО «УрИЦ» выполнили несколько работ по монтажу трубопроводов гидравлических и смазочных систем с использованием современных бессварных технологий соединений трубопроводов, в частности:

- Гидросистема механизации сцены Большого театра, г.Москва, заказчик Bosch Rexroth AG;
- Гидросистема анодной линии медеплавильного цеха, ОАО «Уралэлектромедь», г.Верхняя Пышма;
- Гидросистема и система смазки Ковочного комплекса ус. 1600 тс, ОАО «Русполимет», г.Кулебаки;
- Гидросистема управления и система смазки штамповочного прессы двойного действия УЗТМ ус. 6500/4000 тс, ОАО «Уралхиммаш», г.Екатеринбург

Основываясь на практическом опыте бессварного монтажа можно утверждать, что будущее в технологии соединения гидравлических и смазочных трубопроводов за бессварными методами. В подтверждение можно назвать тот факт, что во всех вышеуказанных работах мы имели возможность отказаться от использования отдельной промывочной станции, т.е. промывка осуществлялась за счёт штатных насосов гидросистемы, что значительно сокращало затраты и сроки. Результаты при этом были превосходные, например: при объёме маслобака в 1800 литров на прессы УЗТМ, промывка до 5 класса по NAS с помощью штатных насосов и аккумулятора заняла около 30 часов, промывка гидросистемы Большого театра, при объёме бака в 50000 литров была выполнена в течение двух недель, при 10 часовом режиме работы. Также следует отметить, что при заправке масла с классом чистоты NAS 9, класс чистоты в самом начале промывки ухудшался не более чем на 1-2 класса, а для частиц крупнее 15мкм практически не ухудшался.

Существует мнение, что в качестве альтернативы «чистым» технологиям монтажа на строительной площадке возможно изготовление и поставка трубопроводной системы вместе с комплектом поставляемого оборудования, т.е. все трубопроводы изготавливаются, промываются, испытываются и герметично упаковываются на заводе-изготовителе в условиях чистого производства (участки труб могут например поставляться заполненными чистой рабочей жидкостью). Однако существующий опыт показывает, что невозможно смонтировать даже простую гидросистему без изготовления участков трубопроводов по месту. По тем или иным причинам обязательно возникает необходимость в установке участков, компенсирующих несоответствие геометрии проектным значениям. Поэтому обязательным требованием к монтажной организации является наличие мобильного оборудования для соединения трубопроводов на месте монтажа.

ООО «УрИЦ» в настоящий момент имеет оборудование для бессварного монтажа трубопроводов методом холодной формовки и планирует и далее расширять номенклатуру такого рода специального монтажного инструмента.

### **Особенности трубопроводки в гидросистемах с различными типами рабочих жидкостей.**

Вопреки распространённому мнению о наличии существенных отличий в трубопроводке масляных и немасляных гидравлических систем высокого давления, использующих например рабочие жидкости класса HFC, HFD, эмульсию или воду, можно утверждать, что больших отличий нет. Существуют только некоторые особенности, которые необходимо учитывать при использовании конкретного типа жидкости, при этом принципы соединения остаются неизменными. Такими особенностями в частности являются:

- совместимость материала уплотнений, материала трубы и соединительных деталей, а также типа покрытия с используемой рабочей жидкостью;
- соответствие максимальных скоростей течения жидкости рекомендациям производителей гидросистем, при их эксплуатации на соответствующей рабочей жидкости;
- степень коррозионной стойкости материалов и покрытий должна предусматривать коррозионную активность рабочей жидкости;
- при использовании вредных или опасных сред необходимо применять наиболее надежные способы соединений (например, не использовать соединения с врезными кольцами).

Таким образом, современные системы соединений трубопроводов высокого давления, включая бессварные, не делают различий в типах уплотняемых сред. Практически все производители таких систем предлагают различные марки материалов и покрытий, включая использование нержавеющей стали, как для деталей соединения, так и для материала труб.

### **Выводы**

Существует огромное количество различных типов соединений трубопроводов высокого давления, из которых была рассмотрена лишь малая часть. Очевидно одно: развитие направлено в сторону бессварных соединений, посредством которых можно выполнять монтаж трубопроводных систем с максимальной чистотой, качеством и надежностью. В связи с тем, что требования к чистоте рабочей жидкости в гидросистемах, также как и энергонасыщенность гидропривода постоянно возрастают, трудно представить будущую гидравлическую систему без использования современных соединений трубопроводов. Данный тренд не всегда поддерживается заказчиками гидросистем и пока нет необходимой нормативно-технической документации, регулирующей применение самых современных типов соединений у нас в стране, однако инженеры ООО «УрИЦ» широко применяют такие решения и в настоящий момент могут предложить заказчику различные варианты исполнения трубной разводки с использованием бессварных соединений практически для любых гидравлических и смазочных систем.