

Разработка методики испытаний коррозионностойких сталей и сплавов на стойкость к питтинговой коррозии // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2013. – № 1. – С. 69–72.

2. Кузнецов Е.Д., Чигиринец Е.Э. Совершенствование технологии изготовления труб из коррозионностойких сталей для энергетических установок // *Сталь.* – 2010. – № 2. – С. 71–76.

3. Кузнецов Е.Д. Чигиринец Е.Э. Достоверность оценки коррозионной стойкости металлов // *Тр. X междунар. конф. «Проблемы коррозии и противокоррозионной защиты конструкционных материалов».* Львов, 8–11 июля 2010. – С. 549–555. Физико-механический институт им. Г.В. Карпенко.

4. Кузнецов Е.Д., Чигиринец Е.Э., Каменская

Т.А. Метрологические аспекты и оценки коррозионной стойкости труб, используемых в энергетических установках // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2011. – № 1. – С. 71–76.

5. R.J. Brigham, E.W. Tozer, *Corrosion*, 29, 1 (1973): p. 33.

6. Richard A. Corbett. Problems in utilizing ASTM G 48 to evaluate high-alloy stainless steels. *Corrosion Testing Laboratories.* 60 Blue Hen Drive Newark, DE 19713.USA.

**Поступила 22.04.2013**

УДК 621.892:621.774.35.016.2.004

Наука

**Панасенко С.А., Иванов К.А., Стеба В.К., Корольков С.И.**

ЧП «Научно - производственная фирма СВК»

## **Технологические смазки для прокатки бесшовных труб – назначение, составы, применение**

*В статье изложены результаты экспериментальных исследований по разработке новых технологических смазок для горячей прокатки стальных бесшовных труб. Представлены составы смазок и даны рекомендации по их конструированию и промышленному применению.*

**Ключевые слова:** трубы, смазки, прокатка, применение

*The article presents the results of experimental studies on the development of new technological lubricants for hot rolling of seamless steel tubes. Shows the compositions of lubricants and recommendations for their construction and industrial applications.*

**Keywords:** pipe, lubrication rolling, the application of

Процессы обработки металлов давлением ведутся, как правило, с применением технологических смазок – многокомпонентных составов, разработанных с учетом требований технологии, экологии, охраны труда и техники безопасности, а также особенностей эксплуатации оборудования [1]. Это в полной мере относится к трубопрокатному производству, где применение смазок обязательно на непрерывных трубопрокатных агрегатах (ТПА), на ТПА с последовательным индивидуальным расположением прокатных клетей, на ТПА с автомат-станами, на ТПА с пилигримовой установкой.

В настоящей статье изложены результаты работ, проведенных ЧП «НПФ СВК», по разработке и внедрению новых технологических смазок:

- на основе полимерных фосфатов щелочных металлов для ТПА-140 с последовательным расположением прокатных клетей и ТПА-350 с автомат-станом;
- фосфатно-графитовых технологических смазок для непрерывных ТПА и ТПА с пилигримовыми установками.

### **1. Фосфатные смазки для процессов горячей прокатки труб на ТПА с автомат-станом.**

До недавнего времени на ТПА России, Украины и других стран СНГ в качестве технологической смазки при горячей прокатке стальных бесшовных труб использовали преимущественно технический хлорид натрия [2]. Применение этого материала в качестве технологической смазки обусловлено особенностью его поведения в области высоких температур, которая заключается в быстром разрушении кристаллов двухводного кристаллогидрата  $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  с образованием мельчайших частичек, которые оплавляясь, покрывают пленкой расплава всю внутреннюю поверхность гильзы-трубы. Эта особенность хлорида натрия является «уникальной» в производстве труб на ТПА при отсутствии вращения заготовки в процессе прокатки.

Однако использование  $\text{NaCl}$  при горячей прокатке труб приводит к негативным последствиям, проявляющимся в дальнейшем на уровне качества производимой продукции, состоянии оборудования и металлоконструкций цеха, здоровье персонала прокатных цехов.

За счет насыщения поверхностного слоя деформируемого металла при прокатке ионами хлора

хлорид натрия является сильным активатором коррозии. Кроме того, при проведении гидроиспытаний значительная часть NaCl вымывается из труб и вносится в состав рабочей эмульсии, превращая ее в дополнительный активатор коррозии. Поэтому, в условиях ужесточающейся рыночной конкуренции и все возрастающих требований к качеству металлопродукции, применение NaCl в качестве технологической смазки при горячей прокатке труб становится проблематичным, нецелесообразным и даже вредным.

Более того, прокатка труб для нефтедобычи и нефтепереработки из сталей с большим содержанием хрома (13ХФА, 20ХФА и др.), во избежание проявления межкристаллитной коррозии, должна осуществляться с применением смазочных материалов, не имеющих в своем составе хлорсодержащих ингредиентов.

Основу технологических смазок для горячей прокатки бесшовных труб, разработанных ЧП «НПФ СВК», составляют неорганические полимерные фосфаты щелочных металлов, отличающиеся набором уникальных свойств, характерных только для этих соединений, а именно:

- способностью переходить в расплавленное состояние в области температур 650 – 1000 °С;
- сохранять термостабильность в расплавленном состоянии в области температур горячей деформации;
- в расплавленном состоянии хорошо смачивать металлическую поверхность и обеспечивать хорошую адгезию в системе «расплав полимерных фосфатов – поверхность деформируемого металла»;
- способностью в расплавленном состоянии растворять оксиды железа, никеля, вольфрама, хрома с формированием в процессе деформации тонкого слоя защитного фосфатного покрытия.

Все перечисленные свойства неорганических полимерных фосфатов щелочных металлов позволяют рассматривать их в качестве перспективного сырья для получения технологических смазок для горячей обработки металлов давлением.

При разработке технологических смазок нами были сформулированы основные требования, предъявляемые к смазкам, с учетом технологических осо-

бенностей прокатных станов, а именно:

- высокие антифрикционные свойства и удовлетворительная стойкость деформирующего инструмента (оправок);
- возможность подачи в гильзы и трубы инъекционным способом;
- обеспечение дезоксидации внутренней поверхности гильзы;
- обеспечение противокоррозионной защиты внутренней поверхности труб при их транспортировке и длительном хранении;
- простота изготовления и невысокая стоимость;
- отсутствие газовыделений при прокатке и экологическая безопасность для обслуживающего персонала.

Технология приготовления фосфатных смазок включает следующие основные стадии:

- приготовление солевой шихты фосфатов щелочных металлов;
- высокотемпературная дегидратация ортофосфатов с получением неорганических полифосфатов (солевой состав полифосфатов устанавливается методами ионообменной хроматографии и методом химического анализа [3, 4]);
- измельчение полифосфатов с последующей их модификацией антифрикционными, противокоррозионными и антислеживающими добавками.

По вышеприведенной технологии синтезировано 10 образцов технологических смазок для прокатки труб на станах продольной прокатки (СПП) и раскатных станах (РС) трубопрокатного агрегата ТПА-140. При разработке каждого последующего образца учитывали результаты опытно-промышленных испытаний ранее синтезированных образцов с внесением в них корректировок по содержанию тех или иных ингредиентов.

По результатам опытно-промышленных испытаний отобраны оптимальные составы смазок для СПП (смазка ВТС - 1) и РС (смазка ВТС - 5).

Результаты опытно-промышленных испытаний образцов смазок на ТПА-140 ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» (г. Днепропетровск) представлены в табл. 1.

Данные таблицы свидетельствуют о достаточно высоких антифрикционных характеристиках технологических смазок ВТС -1 и ВТС- 5.

**Таблица 1. Результаты опытно-промышленных испытаний смазок ВТС- 1 и ВТС- 5 на ТПА-140.**

Стан	Смазка	Размер труб	Марка стали	Количество прокатанных труб	Расход оправок	Расход смазки г/трубу
		168,3x11,0	15Г	1637	9	
		159,0x12,0	13ХФА	484	6	
СПП - 1	ВТС - 1	168,0x7,3	32Г2	360	1	35-50
		146,0x7,0	32Г2	200	1	
		121,0x5,0	Ст20	262	1	
		114,0x8,30	Ст20	198	1	
Всего:				3141	19	112 кг.
		168,3x11,0	15Г	1637	7	
		159,0x12x0	13ХФА	484	8	
РС – 1	ВТС - 5	140,0x9,0	Ст20	331	2	50-80
РС - 2		140,0x12,0	Ст20	360	2	
		121,0x5,0	Ст20	328	2	
		73,0x9,5	CrB42	860	2	
Всего:					4000	

Для сравнительной оценки противокоррозионных свойств смазок ВТС- 1, ВТС- 5 и NaCl в атмосферных условиях с переднего, середины и заднего концов труб, прокатанных с применением указанных смазок, были вырезаны темплеты.

Испытания на коррозионную стойкость внутренней поверхности труб ( темплетов) проводили по ГОСТ 9.905-82 в герметичных камерах над 5% раствором NaCl. Кроме того, на коррозионную стойкость испытывали образцы, выдержанные в течение 5 минут в эмульсии, насыщенной NaCl, применяющейся на участке гидроиспытаний.

На темплетях, вырезанных из задних концов труб, прокатанных с использованием смазки ВТС- 5, первые признаки коррозионного поражения (~ 2-3% площади внутренней поверхности) выявлены только после 15 циклов (суток) испытаний. На образцах, вырезанных с передних концов труб и их середины, следы коррозии не обнаружены. На образцах, отобранных от труб, прокатанных с применением смазки ВТС-5 и выдержанных в эмульсии, следы коррозионного поражения после 15 циклов испытаний также не выявлены.

Сравнительные коррозионные испытания образцов, отобранных от труб, прокатанных с применением NaCl, подтвердили полное отсутствие противокоррозионной защиты их внутренней поверхности. Уже после 2-х циклов (суток) испытаний на 70-80% площади поверхности каждого образца зафиксированы очаги обильного, прогрессирующего в дальнейшем, коррозионного поражения ( рис. 1).

Результаты проведенных коррозионных испытаний также показали, что технологическая смазка ВТС- 1 не обеспечивает надежную противокоррозионную защиту внутренней поверхности труб, что объясняется отсутствием в ее составе специальных ингредиентов, ингибирующих процессы коррозии. Вместе с тем, подача ВТС-1 в гильзу перед СПП - 1 обеспечивает процесс дезоксидации ее внутренней поверхности, сопровождающийся растворением вторичной окалины и образованием расплава смешанных фосфатов, обладающего так же удовлетворительными антифрикционными свойствами. Это подтверждается стойкостью оправок (табл. 1). Кроме того, сформировавшийся и сохранившийся в трубе слой смазки после прокатки на СПП -1 способствует улучшению режима трения на контакте «металл-оправка» при дальнейшей прокатке на стане СПП - 2.

Установлено, что специальные неорганические добавки, которые содержатся в составе смазки ВТС-5, обеспечивают противокоррозионную защиту внутренней поверхности труб. Применение этих добавок обусловлено их комплексным действием. С одной стороны компоненты добавок имеют значительную буферную емкость и позволяют поддерживать кислотность технологической смазки на уровне pH= 8,5 - 9,5.

С другой стороны, полифосфаты щелочных металлов в присутствии добавок ингибируют протека-

ние анодных реакций и, как следствие, ингибируют процессы коррозии на внутренней поверхности труб.

Механизм защитного действия полимерных фосфатов щелочных металлов обсуждался во многих работах.

По данным РосНИТИ (г. Екатеринбург) ответственными за противокоррозионную защиту являются фосфиды железа FeP<sub>2</sub>. Однако, рентгенофазовыми исследованиями поверхности труб, прокатанных на ТПА- 140 ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» (г. Днепропетровск) не зафиксированы дифракционные максимумы на внутренней поверхности труб, характерные для FeP<sub>2</sub>. Кроме того, образование фосфида железа при t = 800 – 1000 °С в системе NaPO<sub>3</sub> - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> возможно только в присутствии эффективного восстановителя.

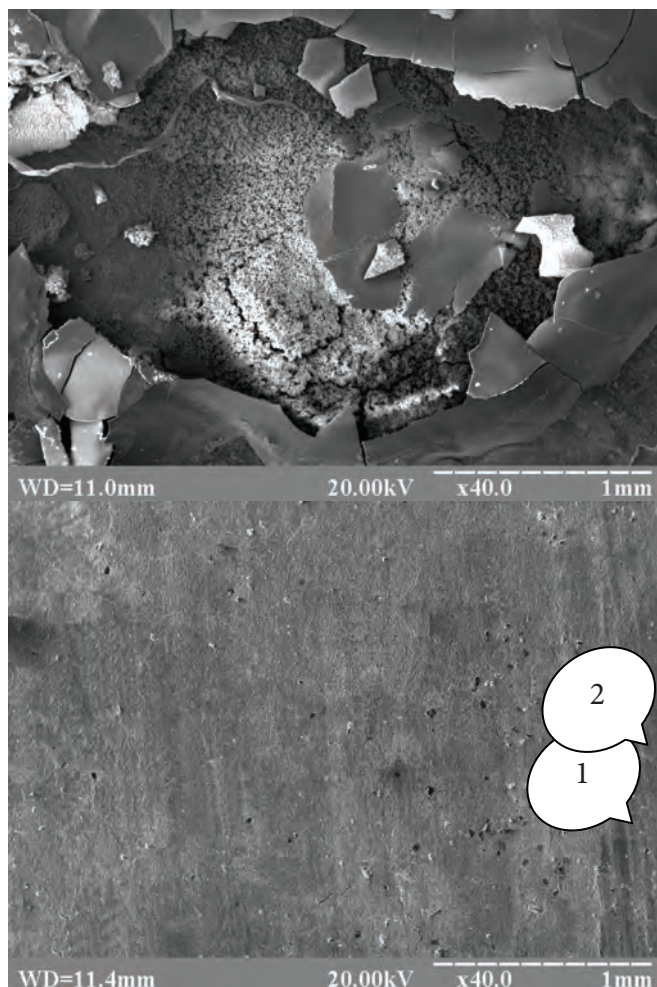
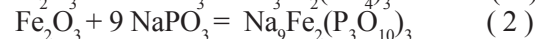
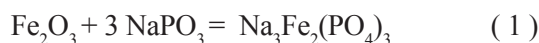


Рис. 1. Микрофотографии внутренней поверхности труб, прокатанных с использованием NaCl и ВТС. 1- NaCl; 2 – ВТС

На наш взгляд, ответственными за формирование термостойких защитных покрытий на поверхности труб являются смешанные фосфаты, образуемые при взаимодействии расплава полимерных фосфатов с окисленной металлической поверхностью при t=800 – 1000°С по реакциям:



Образование подобных соединений установлено сотрудниками ИОНХ АН Украины при изучении взаимодействия метафосфата натрия с порошкообразным  $Fe_2O_3$  [5].

На рентгенограммах образцов труб, прокатанных на СПП и РС смешанным фосфатам отвечают дифракционные максимумы при  $d_{HKL} = 2.99; 2.72; 3.11 \text{ \AA}$  (рис. 2).

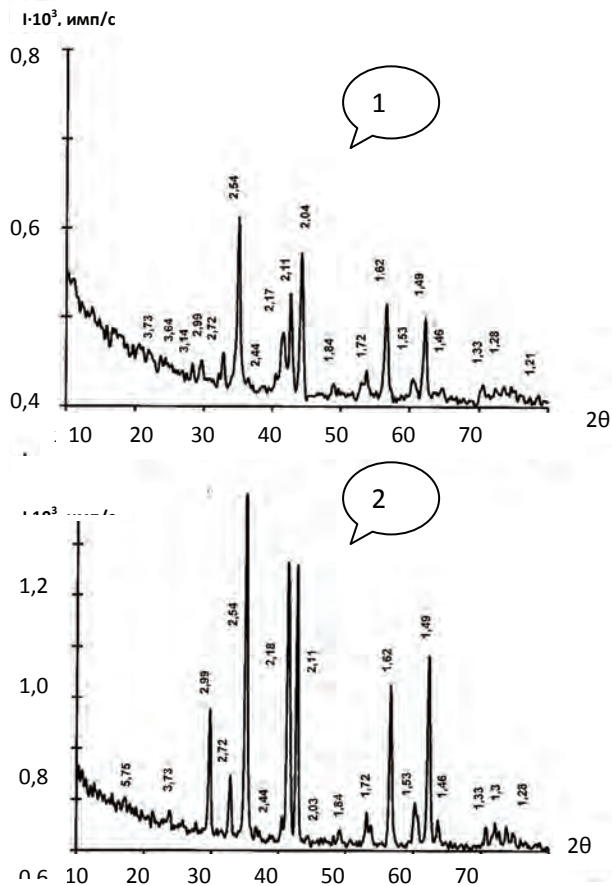


Рис. 2. Рентгенограммы внутренней поверхности труб, прокатанных на СПП и РС: 1 – на СПП; 2 – на РС

В расплавленном состоянии ( $t_{пл. Na_9Fe_2(P_3O_{10})_3} = 908^\circ C$ ,  $t_{пл. Na_3Fe_2(PO_4)_3} = 932^\circ C$ ) смешанные фосфаты распределяются оправкой по внутренней поверхности трубы, образуя фосфатный слой, ответственный, по нашему мнению, за её противокоррозионную защиту. Металлографические исследования, проведенные на микроскопе Olimpus GX 51, показали, что средняя толщина защитного слоя на внутренней поверхности труб находится в пределах 10 – 30 мкм.

Промышленное производство технологических смазок ВТС по ТУ У 24.6 – 20657936-059:2007 организовано на предприятии ЧП «НПФ СВК» в г. Днепропетровске. В промышленных условиях смазка ВТС-1 подается в гильзы перед СПП-1 и СПП-2 инъекционным способом с использованием установок, оборудованных автоматизированными системами управления. Оптимальный расход смазки составляет 35 – 50 г/гильзу.

Смазка ВТС-5 подается в трубы перед РС-1 и РС-2 с использованием аналогичных установок, управляемых вальцовщиком в ручном режиме. Опти-

мальный расход смазки составляет 50- 80 г/трубу.

Физико – химические свойства и состав смазок ВТС представлен в табл. 2.

Таблица 2. Физико – химические свойства и состав технологических смазок ВТС.

№ п/п	Наименование показателя	Норма	
		ВТС - 1	ВТС - 5
1	Внешний вид	Порошок от белого до серого цвета без механических включений	
2	Массовая доля фосфатов в пересчете на $P_2O_5$ , в %, в пределах	45,0 – 50,0	40,0 – 45,0
3	Массовая доля щелочных металлов (Na + K), в %, в пределах	30,0 – 40,0	30,0 – 40,0
4	Водородный показатель (рН) 0,1% раствора, в пределах	8,5 – 9,5	8,5 – 9,5

Смазки ВТС-1 и ВТС-5 внедрены:  
 - на СПП-1, 2 и РС-1, 2 ТПА-140 ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» г. Днепропетровск;  
 - на СПП -1, 2 и РС-1, 2 Днепропетровского трубопрокатного завода (ДТЗ);  
 - на автомат-стане и РС-1, 2 ТПА-350 ООО «ИНТЕРПАЙП НИКО ТЬЮБ» г. Никополь;  
 - на ТПА ЕС в Польше;  
 - прошли промышленную апробацию на ТПА-140 СинТЗ ТМК России;  
 - на ТПА-400 Грузии.

Смазки ВТС-1 и ВТС-5 и способ их получения защищены патентами Украины [6, 7].

**2. Фосфатно-графитные смазки для процессов горячей прокатки труб на ТПА с непрерывным станом.**

Прокатка труб на непрерывном стане невозможна без применения высокоэффективных технологических смазок. Однако состав смазок зависит, в значительной мере, от системы использования длинных оправок (плавающая, удерживаемая, частично удерживаемая).

Практика показывает, что эффективность смазки зависит не только от её состава, а так же от скорости относительного скольжения металла по оправке и чистоты поверхности последней, определяющих, в некоторой мере, качество внутренней поверхности прокатываемых труб. На последнем переделе (редукционно - растяжной, либо калибровочный стан) качество внутренней поверхности готовых труб зависит от состояния внутренней поверхности черновых, полученных при прокатке в непрерывном стане. При современных жёстких требованиях к качеству труб, прокатываемых на непрерывных станах, особое внимание должно быть уделено именно составу техноло-

гической смазки и способу её нанесения на поверхность длинной оправки.

Высокие температуры и давления в процессе деформации при прокатке труб на ТПА с непрерывным станом требуют создания оптимальных условий трения на контакте «металл-оправка» в каждой клетке, а также на контакте «труба – оправка» перед извлечением последней, что обусловлено значительным нестабильным градиентом температур по длине трубы. Последнее требование является определяющим качеством внутренней поверхности труб при извлечении оправок. Таким образом, эффективная технологическая смазка является одним из важных элементов, обеспечивающих стабильную работу стана.

Технология прокатки труб на непрерывном стане (раскатка гильзы на длинной плавающей оправке) включает следующие стадии:

- нанесение смазки на предварительно охлажденную до 100 – 300 °С поверхность оправки;
- внастановую зарядку смазанной оправки в гильзу;
- прокатку трубы в непрерывном стане;
- извлечение оправки из трубы и ее охлаждение;
- обрезка переднего и заднего концов трубы;
- прокатка трубы в калибровочном или редуционно-растяжном стане;
- разрезка трубы на мерные длины;
- охлаждение трубы на холодильнике;
- визуальный осмотр и проверка качества трубы на установке УЗК.

Смазки, наносимые на оправку ТПА с непрерывным станом, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- высокая стабильность;
- высокая прочность и пластичность смазочного слоя, сформированного на поверхности оправок, обеспечивающие его защиту от повреждения при транспортировке рольгангом и задаче их в гильзу;
- высокая адгезия к поверхности оправок, имеющей температуру 100 - 300 °С;
- сохранение смазочного слоя на свободных передних концах оправок, интенсивно обливаемых охлаждающей валки водой, во время зарядки в гильзу;
- обеспечение оптимальных условий трения на контакте «металл - оправка» в процессе прокатки;
- снижение теплопередачи от гильзы с начальной температурой 1150 – 1200 °С к поверхности оправки;
- высокие подвижность и растекаемость смазки при её расплавлении;
- оптимальный режим трения на контакте «оправка-металл» при её извлечении из трубы;
- защита внутренней поверхности труб от механического повреждения при извлечении оправок;
- защита поверхности оправки от налипания окалины и продуктов износа.

Таким требованиям в полной мере соответствует технологическая смазка ВТС-1РГ, разработанная ЧП «НПФ СВК» и выпускаемая в промышленном масштабе предприятием по ТУ У 26.8 – 20257936 – 60 : 2008.

Физико-химические свойства и состав смазки

представлены в табл. 3.

**Таблица 3. Физико - химические свойства и состав смазки ВТС-1РГ.**

№ п/п	Наименование показателей	Норма по НТД
1.	Внешний вид	Жидкость черного цвета
2.	Условная вязкость по вискозиметру типа ВЗ – 246 (ВЗ - 4) при 20.0 ± 0,5°С, в пределах	20 – 25
3.	Массовая доля графита, %, в пределах	20.0 – 30.0
4.	Массовая доля фосфатов, %, в пределах	2,6 – 5,8

Смазка ВТС-1РГ изготовлена на основе графита с малой зольностью и солевой смеси фосфатов щелочных металлов с низкой температурой плавления. Использование графита в качестве смазочного материала на ТПА с непрерывным станом обусловлено стойкостью его к воздействию высоких температур, высокими антифрикционными свойствами в определенных условиях, экономичностью в использовании и отсутствием вредного влияния на здоровье обслуживающего персонала.

В очаге деформации смесь фосфатов щелочных металлов легко оплавляется и взаимодействует с окалиной с переводом ее в вязко-пластичное состояние. Для формирования прочного и пластичного слоя смазки при нанесении на оправку в ее состав введены водорастворимые кремнийорганические добавки, а для стабилизации водной суспензии в процессе хранения и применения – диспергаторы на основе окси-стеарата алюминия.

Все вышеперечисленные ингредиенты обеспечивают полный комплекс требуемых физико-химических, технологических и антифрикционных свойств смазки ВТС-1РГ.

Смазка ВТС-1РГ защищена патентом Украины [8].

Смазка ВТС-1РГ поставляется заказчиком в виде концентрата в герметичных пластиковых емкостях массой 30 кг. Перед применением концентрат следует развести водой до вязкости ~ 17 с по вискозиметру ВЗ – 4.

Результаты промышленных испытаний ВТС-1РГ, проведенных на непрерывном стане ТПА 30-102 ООО «ИНТЕРПАЙП НИКО ТЬЮБ» (г. Никополь) свидетельствуют о высокой эффективности смазки, разработанной ЧП «НПФ СВК», по сравнению с триполифосфатной, смеси триполифосфата с графитом и импортными смазками.

Так, при прокатке котельных труб размером 38,0 × 4,0 мм выход годной продукции с первого предъявления составил 96,7 %, при прокатке труб размером 60,0 × 4,0 мм – 90 %.

Эти показатели выше среднестатистических в 1,5 – 2,0 раза для данного сортамента труб, прокатываемых на ТПА 30 – 102.

На поверхность оправки смазку рекомендуется

наносить с помощью спреера.

После проведения широких промышленных испытаний смазка ВТС-1РГ внедрена:

- на горизонтальном прессе 2000 тс ТПА с пильгерстаном 5 – 12” ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ»;
- на ТПА с пильгерстаном 5 - 12” ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» для смазки дорнов.

### Заключение

1. Основным разработчиком и производителем технологических смазок, удовлетворяющих требованиям производства горячекатаных труб, в Украине является ЧП «Научно- производственная фирма СВК», г. Днепропетровск.

2. Разработан и реализован ЧП «НПФ СВК» перечень требований, предъявляемых к технологическим смазкам, при конструировании их составов для горячей прокатки труб.

3. ЧП «НПФ СВК» разработаны и реализованы технологии изготовления фосфатно-графитовой смазки (ВТС-1РГ) и смазок на основе полимерных фосфатов (ВТС-1, ВТС-5).

4. Разработан и изучен механизм противокоррозионной защиты внутренней поверхности труб с использованием смазки ВТС-5.

4. На смазки ВТС-1, ВТС-5 и ВТС-1РГ ЧП «НПФ СВК» разработаны ТУ, разрешающие их применение и поставку потребителям в промышленных объемах.

5. Смазки ВТС-1, ВТС-5, ВТС-1РГ нашли широкое применение на ТПА ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» и ООО «ИНТЕРПАЙП НИКО ТЬЮБ».

6. Противокоррозионная смазка ВТС-5 нашла применение в ЕС на ТПА Польши и ТПА-140 СинТЗ ТМК России.

7. Считаю экономически и технологически целесообразным использование смазки ВТС-1РГ на современных ТПА (PQF, MPM).

### Библиографический список

1. Fischer F. and Cron A. Solving lubrication problems in seamless tube rolling. Tube International, 1983, 2, № 4, 184-186.
2. Грудев А. П., Зильберг Ю.В., Тилик В. Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением. Справочн. изд. – М : Металлургия, 1982, с. 312.
3. Пат. 50819 (Украина). Способ количественного определения смеси орто-, пиро-, триполи- и метафосфатов. Оpubл. Б.И. № 12, 2009 г.
4. Розробка методики визначення кількісного складу високотемпературних технологічних масил на основі неорганічних полімерних фосфатів методом елюентної іонообмінної хроматографії / А.О. Черемисінова, Я.В. Степневська, В.К. Стеба, П.Г. Сорока // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск: УГХТУ, 2009. – № 6. – С.100-103.
5. С.И. Беруль, Н.К. Воскресенская. Взаимодействие окиси железа с метафосфатом натрия // Неорганические материалы. – 1967. – № 3. – С. 534-538.
6. Пат. 83779 (Украина). Смазка для горячей обработки металлов давлением и способ её получения. Оpubл. Б.И. № 15, 2008 г.
7. Пат. 94340 (Украина). Смазка для прокатки стальных бесшовных труб и способ ее получения. Оpubл. Б.И. № 8, 2011 г.
8. Пат. 86730 (Украина). Смазка для горячей обработки металлов давлением. Оpubл. Б.И. № 9, 2009 г.

**Поступила 01.10.2013**



---

## Вниманию подписчиков, авторов, рекламодателей !

*Журнал публикует материалы, связанные с памяtnыми датами предприятий и юбилеями известных ученых-металлургов, руководителей предприятий.*

*Просим заблаговременно представлять материалы в редакцию.*

к.т. 0562-46-12-95  
факс 0562-46-12-95