и охлаждение электролита. Температуру раствора следует контролировать в непосредственной близости от поверхности обрабатываемых изделий [1, 3].

Пленка, образующаяся в результате анодирования алюминия в растворах электролитов, обладает хорошей коррозионной стойкостью; полным отсутствием токсичных свойств; не оказывает влияния на вкусовые качества, запах и цвет продуктов; является недорогой, прочной, надежной и легко обрабатываемой. Способ электрохимического оксидирования алюминия и его сплавов в водных средах может найти применение для антикоррозионной защиты и декоративной отделки изделий, применяемых в различных областях техники, в частности, в металлургии, в химической, пищевой и машиностроительной промышленности.

1. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Мотивация труда на предприятиях алюминиевой промышленности // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 9 (56). – С. 195–201.
2. Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Пьянкин А.П., Кузаков А.А., Высотский Д.В., Кузьмин М.П. Оптимизация некоторых элементов технологии производства алюминия // Цветные металлы и минералы – 2018: сб. докл. XX Междунар. конгресса. – 2018. – С. 541–545.
3. Климаков В.Н., Каушпедас З.П., Тиминкас А.С. Технология подготовки поверхности и нанесения электрохимических покрытий на алюминий и его сплавы. – М. : ЦНИИТИКПК, 1989. – С. 24–28.
4. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Ликвация и повышение качества проб литейных алюминиевых сплавов // Вестник ИрГТУ. – 2013. – № 12 (83). – С. 210–213.
5. Кузьмин М.П., Кондратьев В.В. Разработка способа получения силу-минов с использованием микро- и наночастиц диоксида кремния // Цветные металлы и минералы–2016: сб. тезисов докл. VIII Междунар. конгресса. – Красноярск, 13–16 сент. 2016 г. – С. 170–171.
6. Kuz'min M.P., Paul K. Chu, Abdul M. Qasim, Larionov L.M., Kuz'mina M.Yu., Kuz'min P.B. Obtaining of Al–Si foundry alloys using amorphous microsilica – Crystalline silicon production waste // Journal of Alloys and Compounds. – 2019. – V. 806 – P. 806–813.
7. Kuz'min M.P., Larionov L.M., Paul K. Chu, Abdul M. Qasim, Kuz'mina M.Yu., Kondratiev V.V., Kuz'mina A.S., Jia Q. Ran New methods of obtaining Al–Si alloys using amorphous microsilica // International Journal of Metalcasting. – 2019. – P. 1–11.

Жиляева Н.П.

Транспортировка высоковязких нефтей

*Самарский Государственный Технический университет
(Россия, Самара)*

doi:10.18411/spc-22-10-2019-03

idsp: sciencepublic-22-10-2019-03

В современной нефтедобычи полным ходом идет наращивание доли трудноизвлекаемых запасов (ТИЗ). К ТИЗ относится тяжёлая нефть с вязкостью 30 мПа·с и выше. Запасы таких видов нефти составляют около одного трлн. тонн и превышают объём остаточных извлекаемых запасов нефти малой и средней вязкости более чем в пять раз.

Поднимаясь на поверхность, нефть остывает и переходит в состоянии жидкости со сложными реологическими свойствами. При этом происходит оседание парафинов и смол на поверхностях нефтедобывающего и транспортирующего оборудования, что резко ухудшает их производительность.

Остановка трубопровода с нефтью может привести к выходу трубопровода из строя и последующей замене его основных технологических узлов.

Существуют несколько способов трубопроводной перекачки высоковязких нефтей: перекачка с разбавителями; гидротранспорт высоковязких нефтей; перекачка термообработанных нефтей; перекачка нефтей с присадками; перекачка предварительно подогретых нефтей.

Достаточно эффективным и доступным способом улучшения реологических свойств высоковязких и высокозастывающих нефтей является применение углеводородных разбавителей. В роли разбавителя может служить газовый конденсат и маловязкие нефти.

Использованием разбавителей существенно снижается вязкость и температуру застывания нефти. Основными причинами является: понижение концентрация парафина в смеси.

Гидротранспорт высоковязких и высокозастывающих нефтей может происходить несколькими способами: перекачка нефти внутри водяного кольца; перекачка водонефтяной смеси в виде эмульсии типа «нефть в воде»; послойная перекачка нефти и воды.

Рисунок 1. Гидроперекачка нефти внутри водяного кольца: а – с применением винтовой нарезки; б – с применением кольцевых муфт; в – с использованием перфорированного трубопровода

Широкое распространение данный способ транспортировки не получил по нескольким причинам: во-первых, сложно изготовить винтовые нарезки, а во-вторых, после отложения парафина нарезки засоряются. При запарафировании нарезок водяное кольцо у стенки не формируется, что приводит к ухудшению параметров прокачки.

Другой способ гидротранспорта представляет из себя получение эмульсии типа «нефть в воде» перед прокачкой. В таком случае нефтяные капли окружены водяной пленкой и не имеют контакта со стенкой трубы.

Рисунок 2. Гидроперекачка в виде эмульсии: а – типа «нефть в воде»; б – типа «вода в нефти»

Недостатком данного способа транспортировки является опасность инверсии фаз, т. е. превращения эмульсии «нефть в воде» в эмульсию «вода в нефти». Это может произойти при изменении скорости или температуры перекачки.

Следующий способ гидротранспорта – это послойная перекачка нефти и воды. Уменьшение гидравлического сопротивления трубопровода происходит в связи с тем, что нефть контактирует не с неподвижной стенкой, а с движущимся потоком воды.

Рисунок 3. Структурные формы водонефтяного потока при послойной перекачке нефти и воды: а – линзовая; б, в – раздельная с плоской и криволинейной границами; г – кольцевая эксцентричная; д – кольцевая концентричная

Следующий способ – термообработка или тепловая обработка высокопарафинистой нефти. Она представляет собой нагрев нефти до температуры, превышающей температуру плавления парафинов, и дальнейшее охлаждение с заданной скоростью, чтобы улучшить реологические свойства.

Известно, что улучшение реологических свойств нефтей связано с внутренними изменениями в них, происходящими в результате термообработки. При естественном охлаждении парафинистых нефтей образуется кристаллическая парафиновая структура, которая придает нефти твердость. Прочность структуры оказывается тем больше, чем выше концентрация парафина в нефти. При нагреве нефти до температуры, превышающей температуру плавления парафинов, происходит их полное растворение. При последующем охлаждении нефти происходит кристаллизация парафинов.

Реологические параметры термообработанной нефти со времени ухудшаются и получают исходные значения до нагрева. Депрессорные присадки довольно продолжительное время применяются для понижения температуры застывания масел, но для нефтей они малоэффективны.

Что бы улучшить реологические свойства следует применять специально полученные присадки. Присадки представляют собой парафиннообразную массу, которая подвижна при 50-60 °С. Это безольные сополимеры этилена и присадки на базе сложных эфиров метакриловой кислоты.

Наиболее распространенным на данный момент способом трубопроводного транспорта ТИЗ нефтей является перекачка с подогревом или так называемая «горячая перекачка».

Для данного способа транспортировки резервуары оборудуются системой подогрева нефти. Нефть нагревают до температуры, при которой допустима ее откачка подпорными насосами. Они прокачивают нефть через дополнительные подогреватели и перекачивают на прием основных насосов. Далее нефть закачивается в магистральный трубопровод. В России подогрев нефти происходит в основном в Северной части страны и, как правило, это головные станции перекачки, где происходит слив и налив товарной нефти при низких температурах воздуха. Трубопроводы, в которых нефть подогревают на всем пути перекачки, называются «горячими».

Рисунок 4. Технологическая схема «горячей» перекачки

Нефть остывает за счет теплообмена с окружающей средой, пока движется по трубопроводу. Для предотвращения застывания необходима установка дополнительных пунктов подогрева через каждые 25–100 км.

Существует интересный способ изменения вязкости нефти – это кавитационное воздействие. Для возникновения кавитации в трубопроводе находится полый цилиндрический корпус переменного сечения. В качестве высокоамплитудных колебаний в жидкости выступают кавитационные пузырьки с высокой скоростью. За счет пузырьков происходит снижение вязкости нефти. Экспериментальными данными показано, что вязкость нефти была снижена на 35%.

Главным недостатком данной системы является интенсивный кавитационный износ его рабочих поверхностей, которые создают кавитационные пузырьки. Регулировать интенсивность кавитационной обработки крайне сложно. Размеры пузырьков, образующихся в таких устройствах, слабо поддаются регулированию.

«Горячая перекачка» является наиболее распространенным и изученным способом по ряду причин: наиболее простая и отработанная технология. У данного способа также есть свои недостатки. Одним из главных является высокая энергоемкость. Это связано с тем, что в качестве топлива при подогреве используется сама же транспортируемая жидкость – химсырье и топливо (нефть, мазут).

Строительство и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти в районах с многолетнемерзлыми грунтами затруднено и требует огромных затрат. Также существуют проблемы с обеспечения надежности конструкции.

1. Алиев Р.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа: учеб. для вузов / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров, В.А. Юфин, Е.И. Яковлев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 368 с.: ил.
2. Коршак, А.А. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов / А.А. Коршак, А.М. Нечваль. – СПб.:Недра, 2008. – 488 с.