

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

SOME ASPECTS OF THE FURTHER DEVELOPMENT OF THE FERROFLUIDS
PRODUCTION AND APPLICATION TECHNOLOGY

УДК 537.84

А.Н. ШАУРО
М.А. БЕРЛИН
Ю.П. ГРАБОВСКИЙ

к.т.н., генеральный директор ЗАО «НИПИ «ИнжГео»
д.т.н., проф., ученый секретарь ЗАО «НИПИ «ИнжГео»
д.т.н.

Краснодар
e-mail: shauro@injgeo.ru

A.N. SHAURO
M.A. BERLIN

PhD, Director General of CJSC SRIDS «InjGeo»
Doctor of Science, professor, CJSC «SRIDS InjGeo»
academic secretary
Doctor of Science

Krasnodar

Y.P. GRABOVSKIY

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Магнитные жидкости, нанодисперсные частицы, технология получения, утилизация отходов, область применения.

KEYWORDS:

Ferrofluids, nanodispersed particles, producing technology, waste recovery, range of application.

В статье проанализированы основные этапы развития технологии получения магнитных жидкостей (МЖ). Подчеркнут вклад российских ученых на различных этапах развития и совершенствования технологии синтеза МЖ. Приведены примеры возможного промышленного использования МЖ в нефтяной промышленности. Содержится призыв к продолжению научно-исследовательских работ по изучению свойств, оценке качества и широкому внедрению процессов, устройств и приборов с использованием МЖ.

Настоящая статья освещает одно из многочисленных направлений нанотехнологий, которому, по мнению авторов, не уделяется в последнее время должного внимания.

This article analyzes the main aspects of the ferrofluids (FF) production technology. Russian scientists' contribution during the development and improvement of the different steps of the ferrofluids technological synthesis is highlighted in this article. Some examples of the possible industrial applications of the ferrofluids in oil industry are given. The article exhorts to continue studying the properties, quality assessment and large scale application of processes, equipments and devices based on the ferrofluids use.

Present article outlines one of the nanotechnology multiple directions which by authors' opinion is not attended enough. Information given in this article could be interesting for specialists who study ferrofluids properties and their applications.

Магнитные жидкости (МЖ) представляют собой коллоидные растворы нанодисперсных ферро- или ферромагнитных частиц, размер которых не превышает, как правило, 20 нм. Дисперсионной средой может служить любая жидкость. Устойчивость таких систем обеспечивается поверхностно-активными веществами, создающими защитный слой вокруг частиц дисперсной фазы.

Впервые магнитная жидкость была получена в середине 70-х годов прошлого столетия [1]. Массивный магнетит размалывали в шаровой мельнице в присутствии дисперсионной среды и стабилизатора. Длительность процесса и низкая производительность оборудования не позволяли получать МЖ в требуемых объемах. Кроме того «крупные» частицы требовалось удалять из образца с использованием сильных магнитных полей. Стоимость 10 мл такой жидкости достигала 75 долларов США.

Заметный прорыв в технологии получения мж намечился с открытием химического способа приготовления высокодисперсных частиц магнетита. Частицы магнетита осаждали при добавлении щелочи к водному раствору, содержащему соли двух- и трёхвалентного железа. При нагревании полученной суспензии в неё вводили раствор стабилизатора в дисперсионной среде. После расслоения реакционной смеси из неё удаляли водную

фазу, а магнитную жидкость промывали дистиллированной водой, остатки которой удаляли при нагревании.

Работы в этом направлении с успехом велись как за рубежом [2], так и в нашей стране [3,4]. На этой стадии в качестве солей железного железа использовали хлориды двух- и трёхвалентного железа, растворы которых обладают высокой коррозионной активностью. Достаточно сказать, что аппараты, выполненные из простой углеродной стали, приходилось менять чаще, чем раз в три месяца. Устойчивость легированных сталей заметно ниже. Приемлемую устойчивость к таким растворам могут продемонстрировать только аппараты, изготовленные из титана.

Следующим важным этапом в развитии технологии получения МЖ явился отказ от использования хлоридов железа и переход к использованию в качестве исходного сырья только двухвалентного сернокислого железа с последующим парциальным окислением его раствора [5,6], причем преимущества от использования двухвалентного железа не ограничиваются только снижением коррозионности исходного раствора. Одновременно были успешно проведены работы по совершенствованию технологии получения мж. Это касается, прежде всего, разработки технологии непрерывного получения магнитной жидкости [7,8].

К настоящему времени синтезированы мж на различных основах: углеводородных фракциях (керосине), воде, силиконовых жидкостях, фторуглеродах, различных искусственных органических жидкостях, например, эфирах, алкил- и диалкилбензолах.

О направлении дальнейших работ по синтезу мж можно сказать, что ведутся исследования по созданию магнитных жидкостей на новых дисперсионных средах, не прекращаются разработки способов получения мж, позволяющих снизить её себестоимость, хотя и не всегда успешных [9]. Кроме того известны работы по утилизации отходом производства мж, т.е. маточных растворов. Для процессов разделения немагнитных материалов по плотности, где расход мж достаточно велик, ведутся работы по регенерации мж с целью многократного её использования. Благодаря ряду уникальных свойств мж нашли применение в самых различных отраслях промышленности.

В данной статье рассмотрены только те области применения магнитоактивных материалов, которые могут быть использованы в нефтедобывающей промышленности, включая транспортировку нефти или конденсата к местам переработки.

При этом необходимо учесть, что многие работы, связанные с практическим применением магнитоактивных материалов, ►

начатые в середине девяностых годов, были затем приостановлены в связи с определёнными экономическими трудностями. Поэтому, выбирая то или иное направление использования магнитоактивного материала с целью его практического применения, необходимо оценить полноту проведённых результатов к внедрению. Следует особо подчеркнуть, что каждое новое применение магнитной жидкости, МРС или магнитоактивного материала, будь то прибор или устройство, может потребовать разработки нового материала, обладающего своим специфическим составом и свойствами.

1. Разделение водонефтяных эмульсий с использованием магнитных жидкостей

На предприятиях, занимающихся производством, переработкой, транспортированием, реализацией и использованием нефтепродуктов, скопилось в настоящее время большое количество нефтешламов, вследствие аварийных разливов, в результате очистки резервуаров, предназначенных для хранения нефти и продуктов её переработки и др. Находящиеся в нефтешламах органические соединения оказывают губительное воздействие на природу и являются одним из генераторов экологического неблагополучия в нашей стране. Проблема утилизации нефтешламов актуальна и до настоящего времени не решена.

К настоящему времени накоплены миллионы тонн нефтешламов, которые находятся под открытым небом. Утилизация этих продуктов фактически не производится. При длительном хранении в прудах-отстойниках и амбарах компоненты нефтешламов разделяются на несколько слоёв. Прудовая вода разделяет тяжёлые фракции (опускающиеся на дно) от лёгких плотностью менее 1 г/см³ (собирающихся на поверхности). Наибольший интерес на данном этапе, с точки зрения переработки органических компонентов нефтешламов, представляет верхний слой.

На основе анализа отечественных и зарубежных публикаций за последние 30 лет, по способам утилизации отходов, был сделан вывод, что начальной стадией всех процессов утилизации нефтешламов является их забор и смешение с углеводородным растворителем.

В одном случае таким растворителем является керосин, в другом – технический толуол, в третьем для смешения нефтяного шлама используется низкомолекулярный углеводородный растворитель парафинового ряда, например, гексан, ШФЛУ или газовый бензин. Так как технология разделения нефтешлама зависит не только от его состава (вода, углеводороды, механические примеси), но и от плотности, а также фракционного

состава углеводородной фазы, то при проведении оценочных опытов проверены технологические приёмы, которые активно рекомендуются в известных способах утилизации нефтешлама. Определён состав образцов нефтешламов, предназначенных для использования в процессе их разделения. Ниже приведён состав отобранных образцов.

Проведены оценочные опыты по омагничиванию основных компонентов нефтешлама – водной и углеводородной фаз. При проведении оценочных опытов особое внимание уделено снижению вязкости исходного нефтешлама, которое осуществляли как за счёт нагрева образца, так и за счёт разбавления углеводородной фазы керосиновой фракцией. Результаты опытов по обезвоживанию образцов нефтешламов показали, что содержание влаги в углеводородной части образца не превышает 2%.

Проведённые лабораторные исследования по утилизации нефтешлама позволили предложить принципиально новую технологию утилизации нефтяных отходов. Новизна предлагаемой технологии заключается, прежде всего, в использовании магнитной жидкости, её уникальных свойств, в использовании аппаратов, работающих на новых принципах, ранее не использованных для этих целей ни у нас в стране, ни за рубежом [10, 11].

2. Снижение гидравлического сопротивления в трубопроводе при транспортировке вязких жидкостей

Снижение гидравлического сопротивления в трубопроводе потоку вязкой жидкости, представляет собой задачу, интересную как с научной, так и практической точек зрения.

Например, транспортировка по трубопроводу мазута, нефти, высокомолекулярных полимеров и т.д. требует значительных энергозатрат для создания больших давлений. Покрытие внутренней поверхности трубопровода маловязкой магнитной жидкостью может привести к снижению его гидравлического сопротивления. Решение этой задачи достигается размещением на внешней поверхности трубопровода постоянных магнитов.

Установлено, что если вязкость МЖ достаточно мало (отношение вязкости транспортируемой жидкости и мж больше четырёх), то наличие магнитоожидкостного покрытия внутренней поверхности трубопровода в принципе приводит к снижению гидравлического сопротивления трубопровода.

Для круглой трубы магнитоожидкостное покрытие должно быть периодическим, либо по аксиальной, либо по азимутальной координате или по обеим сразу. Такое магнитное покрытие создаётся соответствующей компоновкой магнитной системы.

Определена степень влияния формы магнитоожидкостного покрытия на величину

эффекта снижения сопротивления [12].

Экспериментальную проверку снижения сопротивления в трубопроводе можно найти в работах [13, 14]. Вместе с тем предложенная в этих работах компоновка магнитной системы не позволяет использовать их при перекачке вязких нефтей и нефтепродуктов, так как магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами, расположенными на внешней стороне трубы, будет экранироваться трубой. В этом случае невозможно создать магнитоожидкостное покрытие на внутренней поверхности трубопровода.

Тем не менее, эта задача может быть решена при другой компоновке магнитной системы [15].

Решение задачи управления гидравлическим сопротивлением и параметрами процессов, происходящих в пограничном слое, в прикладном аспекте далеко от завершения в силу сложности конструктивно-технологической её реализации.

Для трубопроводов большой протяжённости изготовление подобных магнитных систем становится очень трудоёмким и дорогим мероприятием и вряд ли может быть применено в технических сооружениях.

Несмотря на пессимистический вывод, сделанный в работе [12], по поводу практического использования трубопровода большой протяжённости с магнитоожидкостным покрытием, экономический эффект от уменьшения диаметра трубопровода и затрат на его прокладку достаточно велик. Вместе с тем следует согласиться, что взаимодействие магнитоожидкостного покрытия с турбулентно движущимся основным потоком, требует дополнительного изучения.

3. Приборы и устройства на основе магнитных жидкостей

В измерительных устройствах многих типов важнейшим узлом является преобразователь измеряемой величины (силы, давления, угла наклона и пр.) в электрический сигнал. Этот узел, как правило, состоит из двух частей: преобразователя силового воздействия в перемещение инерционной массы и преобразователя этого перемещения в выходной электрический сигнал. Желательно отсутствие в обоих узлах механических частей, резко снижающих надёжность датчиков. Именно поэтому появление мж привело к возникновению многочисленных конструкций датчиков, в которых чувствительным элементом является магнитная жидкость. Рассмотрим несколько примеров прибора и устройств с использованием МЖ.

Датчики давления. Так как магнитная жидкость втягивается в область сильного магнитного поля и способна, удерживаясь в нём, противостоять внешнему давлению (как, например, в уплотнениях), то эту способность можно использовать для измерения давления.

Датчики перемещения. Если трубка, заполненная мж, связана не с приёмником давления, а с расположенным внутри нее поршнем, то изменение уровня в трубке будет соответствовать перемещению поршня.

Фирмой «Fisher Controls» разработан измеритель расхода жидкости, в котором вертикальное перемещение конусообразного ▶

№ образца	Плотность	Содержание, % вес		
		Воды	Мех. Примесей	углеводородов
1	0,926	>15	-	~85
2	0,928	31,7	3,7	64,6
3	-	60,9	6,4	32,7

1 – Обводнённый мазут; 2 – Славянск-на-Кубани, ППН №4; 3 – Смоленское м/р

поплавка, под действием потока с помощью двух магнитов, преобразуется во вращательное движение стрелки. При возникновении вихревых течений, колебания стрелки демпфируются магнитной жидкостью, и прибор показывает только изменения среднего расхода жидкости.

Существует множество конструкций датчиков с использованием МЖ. В разработке одной из них приняли участие сотрудники ЗАО «НИПИ «ИнжГео» [16].

4. Транспортировка нефтепродуктов и очистка внутренних поверхностей трубопроводов

Наиболее дешёвым и удобным видом транспорта нефтепродуктов является трубопроводный. Однако он в значительной степени теряет свою эффективность и привлекательность, если прокладывает трубопровод для каждого вида нефтепродуктов. Поэтому возможность последовательной перекачки разнородных нефтепродуктов остаётся актуальной и в настоящее время. К этой задаче непосредственно примыкает другая – периодическая очистка внутренней поверхности трубопроводов, хотя способы решения этих задач заметно различаются.

Известен способ последовательной перекачки разнородных нефтепродуктов [17], предложенный сотрудниками РГАНГ им. И.М. Губкина. Они предлагают использовать разделитель-пробку при перекачке разнородных нефтепродуктов, причём в качестве материала разделительной пробки используют продукт перегонки одного из двух перекачиваемых нефтепродуктов в интервале температур выкипания углеводородов, общем для обоих перекачиваемых нефтепродуктов.

Для периодической очистки трубопроводов разработаны различные типы очистных устройств (ОУ). Рассмотрение конструкции ОУ не входит в задачу настоящего обзора. Тем не менее, следует обратить внимание на актуальность разработки таких устройств, и на важность контроля за прохождением ОУ по трубопроводу и определения положения застрявшего очистного устройства. Не случайно, что на научно-практической конференции «Применение магнитоактивных материалов и магнитных систем в народном хозяйстве» [18] рассмотрению этих проблем посвящено пять докладов.

В институте нефти и химии СО РАН (г. Томск) разработан и предлагается новый способ последовательной перекачки нефтепродуктов, в котором в качестве разделительной пробки используется гель, обладающий слабой адгезией к стенкам трубопровода, что позволяет ему скользить по трубопроводу не разрушаясь и не смачивая стенки, т.е. не расходуясь по мере продвижения. Такой гель позволит не только более чётко разделить перекачиваемые нефтепродукты, но взять на себя некоторые очистительные функции, например, удаление воды или ранее перекачиваемого нефтепродукта, скопившихся в низменных участках трассы, например, при форсировании водных преград.

Известны случаи промышленных испытаний гелевых пробок, что может свидетельствовать о некотором прогрессе при формировании и использовании гелевых

разделительных пробок.

После анализа известных случаев использования гелевых разделительных пробок было предложено ввести в их состав частицы магнитоёмкого материала.

Введение магнитоёмких частиц в состав разделительной пробки приводит не только к упрочнению самой пробки, но и к усилению контакта пробки с внутренней поверхностью трубы. Такая разделительная пробка будет обладать ещё целым рядом преимуществ перед известными разделительными пробками [19].

Конструкция разделительного устройства, предложенного в патенте [19] не является оптимальной и в ближайшее время следует ожидать появления новых разделительных пробок, обладающих более высокими очистительными свойствами.

5. Обработка призабойной зоны скважины с использованием магнито-активных материалов

Работы по разработке методов обработки призабойной зоны скважины с использованием магнито-активных материалов ведутся давно. Достаточно упомянуть о двух способах обработки призабойной зоны скважин, предложенных ООО «Инженерно-производственный центр» (г. Бугульма) [20, 21]. Обработка призабойной зоны включает закачку в пласт углеводородной жидкости с добавкой ферромагнитных компонентов и ПАВ с последующим воздействием на пласт постоянным магнитным полем. В качестве углеводородной жидкости используют лёгкую смолу пиролиза, а в качестве ферромагнитных компонентов – высокодисперсные частицы Fe, Ni, Co или магнетита, причём размер частиц ферромагнетиков лежит в пределах 5-15 нм с массовой долей в лёгкой смоле пиролиза 15-25%. В качестве стабилизатора (ПАВ) используют синтетические жирные кислоты при массовом соотношении ферромагнитных компонентов – ПАВ (5-6):1. Воздействие на пласт осуществляют постоянным магнитным полем циклически с изменением магнитных полюсов [20].

В другом способе [21] в качестве углеводородной жидкости используют водную щелочную эмульсию лёгкой смолы пиролиза. В качестве ферромагнитных компонентов используют мелкодисперсную пудру хрома, ванадия, магния, алюминия и т.д. с размером частиц 5-15 нм. Далее следует описание способа приготовления водной эмульсии лёгкой смолы пиролиза, для чего используют водные растворы, например, силиката натрия, каустической или кальцинированной соды, гидрокарбоната натрия, триполифосфата натрия или их смеси с массовой долей щелочных компонентов в воде 1-5%, причём водную щелочную эмульсию лёгкой смолы пиролиза готовят воздействием ультразвука с частотой 100-1000 Гц при турбулентном перемешивании с температурой исходных компонентов эмульсии 70-80°C. Дополнительно перед воздействием ультразвуком водные щелочные растворы насыщают газом, например, воздухом в количестве 1-50 дм³ на 1 м³ раствора, а воздействие на пласт постоянным магнитным полем осуществляют при градиенте поля более 3•10⁻⁵ Тл/см.

После тщательного анализа известных способов обработки призабойной зоны было сделано заключение, что наиболее перспективным методом обработки призабойной зоны является магнитная жидкость на керосиновой основе с использованием в качестве дисперсных частиц магнетита, а в качестве стабилизатора – олеиновой кислоты. При этом воздействие на призабойную зону скважины следует проводить вращающимся магнитным полем. Эффективность воздействия на пласт вращающимся магнитным полем с использованием мж проведена в лабораторных условиях. Предложено устройство для обработки призабойной зоны скважины [22].

Работы в этом направлении в настоящее время, по-видимому, приостановлены.

6. Направленный гидроразрыв горных пород с использованием магнитных жидкостей

В Красноярском отделе ИГД СО АН СССР разработан новый способ направленного гидроразрыва горных пород с использованием магнитных жидкостей, обеспечивающий принципиально новые возможности управления развитием щели в горном массиве. Технология направленного щелеобразования заключается в следующем:

После сооружения скважины в горном массиве размещают в ней пакеры, которые снабжены индукторами. На поверхности размещают блок реактивной мощности и источник питания, которые кабелем соединены с индукторами.

После установки пакеров одновременно с нагнетанием флюида в межпакерное пространство подключают индукторы к источнику питания и создают магнитное поле в скважине и горном массиве за пределом межпакерного пространства.

Силовые линии магнитного поля располагают по касательной к направлению распространения в горном массиве щели гидроразрыва.

После превышения давления флюида в межпакерном пространстве давления гидроразрыва горных пород формируется пионерская щель. Так как в качестве флюида, нагнетаемого в скважину, используется магнитная жидкость, то развитие трещины происходит в соответствии с расположением силовых линий магнитного поля.

Взаимодействие магнитной жидкости и магнитного поля обеспечивает распространение трещины гидроразрыва в заданном направлении.

После выхода фронта трещины гидроразрыва за пределы действия магнитного поля, отключают индукторы от источника питания и продолжают нагнетать в скважину немагнитную жидкость, например, воду. Пионерская зародышевая трещина, созданная в зоне влияния магнитного поля, обеспечивает направленное развитие трещины за пределами зоны влияния магнитного поля.

7. Очистка вод от нефтепродуктов

В лаборатории магнитной гидродинамики ЭНИИ им. Г.М. Кржиженковского (г. Харьков) работы по очистке загрязнённых вод от нефтепродуктов ведутся в двух ►

направлениях: по сбору нефтяной плёнки с поверхности водного зеркала и по объёмной очистке загрязнённых нефтепродуктами промышленных вод. В основе работ лежит единый принцип: омагничивание нефтепродуктов путём добавления в очищаемую воду магнитной жидкости и последующий отбор омагниченных нефтепродуктов посредством специальной магнитной системы.

В результате экспериментов по сбору нефтяной плёнки с поверхности воды установлено, что магнитосборник собирает практически нефть без воды при толщине плёнки разлитой нефти от 0,5 мм и выше, при этом собранное без воды количество нефти составляет не менее 75% разлитого количества. Дальнейший сбор нефти приводит к появлению воды, и процент содержания воды определяется требуемой степенью очистки. Максимальное содержание её в откачанной смеси нефть + вода в опытах при полной очистке поверхности не превышало 20%.

Эксперименты по объёмной очистке загрязнённой нефтепродуктами воды, выполненные для различных исходных загрязнений, как в количественном соотношении, так и по составу (нефть, мазут, турбинное масло, трансформаторное масло), а также при различном расходе магнитной жидкости, показали, что можно добиться очистки воды до содержания в ней менее 3 мг/л нефтепродуктов (при исходном содержании нефтепродуктов 100 мг/л и выше).

Результаты проведённых экспериментов признаны обнадеживающими.

8. Процессы сепарации немагнитных материалов по плотности с использованием магнитных жидкостей

Существование в магнитной жидкости дополнительной выталкивающей силы, зависящей от намагничённости жидкости и неоднородности магнитного поля, привело к изобретению ряда устройств, использующих это явление. Одно из них – магнитогидростатический сепаратор, использующий дополнительную выталкивающую силу для разделения смеси немагнитных частиц по плотностям. Для обеспечения высокой точности разделения полюса электромагнита выполняют гиперболическими, что обеспечивает постоянно величины $\text{grad}H$ в объёме магнитной жидкости, висающей в межполюсном пространстве. Сепаратор устанавливается наклонно, так что частицы смеси, попадая из бункера в объём магнитной жидкости, двигаются вдоль полюсов, одновременно разделяясь на две фракции. Тяжёлая фракция проходит сквозь слой, а лёгкая всплывает и, соскальзывая с поверхности, попадает в приёмное устройство. Испытания опытных образцов в институтах Гипроуглемашобогатение, ЦНИИОлово, ВНИИПвторцветмет показали, что наиболее эффективно использование сепараторов для частиц размером 1-6 мм.

В настоящее время с высокой эффективностью работают в промышленных условиях сепараторы по выделению драгоценных металлов из шлиховых концентратов на горно-обогатительных комбинатах Якутии и Магаданской области.

При разделении цветных металлов, таких как медь, алюминий, свинец, точность

разделения достигает более 99%, а взаимозагрязнённость компонентов не превышает 0,5%. Производительность опытных образцов составляла до 300 кг/час.

9. Герметизированные электродвигатели

Работоспособность скважинных электронасосных агрегатов с погружными электродвигателями во многом зависит от надёжности электродвигателя. Однако зачастую перекачиваемая вода содержит избыток минеральных солей и механические примеси, что приводит к резкому падению ресурса электродвигателя. Наиболее часто в электродвигателях перегорают обмотка статора, изнашиваются радиальные резинометаллические подшипники. Основная причина этих поломок связана с попаданием в двигатель через узел, герметизирующий выходной конец вала, скважинной воды и абразивных частиц. Богатая солями скважинная вода может также разлагаться в двигателе при прохождении электрического тока, выделяющиеся при этом газы, ухудшают охлаждение обмотки статора.

Все попытки добиться надёжной герметизации внутренней полости электродвигателя с помощью традиционной техники не увенчались успехом из-за остаточных деформаций.

Разработанная у нас в стране конструкция погружного электродвигателя, заполненного магнитной жидкостью, на основе смазочных композиций снижает стоимость скважинного агрегата и увеличивает ресурс его работы. Магнитная жидкость в электродвигателе используется одновременно как охлаждающая, смазывающая и герметизирующая среда.

10. Магнитные жидкости в ультразвуковой дефектоскопии

Возможности и перспективы применения ультразвуковой спектроскопии с использованием магнитной жидкости достаточно подробно рассмотрена в работе [23].

Основной метод ультразвуковой дефектоскопии (УЗД) – эхо-импульсная локация на частотах 1-20 МГц – обладает максимальной чувствительностью при механическом контакте пьезопреобразователя с поверхностью контролируемого изделия, на которую предварительно нанесён слой жидкости. Такой акустический контакт, сравнительно стабильный в статике, при перемещении преобразователя (сканирование) испытывает весьма значительные случайные нарушения, что приводит к резкому снижению вероятности обнаружения дефекта.

Главная причина указанной дестабилизации измерений – стохастическое изменение площади соприкосновения контактирующих поверхностей и толщины иммерсионной плёнки. Использование магнитной жидкости в качестве контактной среды позволяет решить эту проблему. Применяя преобразователь, оснащённый магнитными системами, удаётся обеспечить надёжное удержание на пьезопластине жидкого слоя толщиной до 3 мм и реализовать условие оптимального ввода ультразвука в изделие. Хотя преобразователь не касается поверхности изделия, чувствительность контроля практически не снижается по сравнению с контактным

методом УЗД в статике; достоверность измерений не зависит от того, в динамическом или статическом режиме работает преобразователь.

Разработка конструкций магнитных систем – одна из основных технических задач, возникающих при использовании МЖ-контактов. В этом направлении уже получены первые результаты; в частности, созданы и опробованы методы расчёта магнитных насадок, которыми может быть оснащён практический любой серийный преобразователь [24]. Необходимая намагничённость насыщения МЖ, зависящая от скорости сканирования и ориентации преобразователя в поле тяжести, составляет 3-30 кА/м.

Существенной технологической характеристикой контроля является расход МЖ. Для магнитной жидкости «магнетит в керосине» при толщине слоя 0,1-1,0 мм и скорости сканирования до 10 см/с потери составляют 0,3-1,0 см³ на 1 м².

Создание надёжного акустического контакта с помощью МЖ открывает широкие возможности для автоматизации и снижения трудоёмкости УЗД. Метод с успехом может быть использован при дефектоскопии сварных швов магистральных газо- и нефтепроводов.

11. Магнитожидкостные смазки

На основе синтетических и минеральных масел приготовлен ряд магнитных смазочных жидкостей, которые затем были загущены известными загустителями (мылами, силикагелем, тefлоном) с целью получения пластических смазок, обладающих магнитными свойствами [25].

Установлено, что свойства пластичных магнитных смазочных материалов могут меняться в широких пределах в зависимости от параметров магнитного поля и физико-химических свойств жидкой основы, а также различных присадок, вводимых в системы для улучшения эксплуатационных свойств.

Изучено влияние параметров магнитного поля, дисперсности частиц магнитного компонента и модифицирующих добавок на работоспособность, коллоидную стабильность, испаряемость, реологические и структурно-механические свойства изучаемых систем. Исследования проводили в диапазоне температур 20-200 °С.

Результатами проведённых исследований установлено наличие новых качеств и свойств пластичных смазок, обладающих магнитными свойствами.

Такие материалы наиболее часто используются для смазки зубчатых передач.

В заключении хотелось бы подчеркнуть, что основная задача, которая ставилась при написании данной статьи – это пробудить интерес к этим уникальным по свойствам нанодисперсным системам и при возможности принять участие в решении проблем по синтезу и практическому использованию этих систем. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Papell S.S. Low viscosity magnetic fluid obtained by colloidal suspension of magnetic particles. Pat 3215572 (USA), 1965.
2. Khalafalla S.E., Reimers G.M. Magnetofluid and their manufacture. Pat. 3764540 (USA), 1973 ►

3. Бибик Е.Е., Лавров И.С., Грибанов Н.М. и др. Способ получения феррожидкостей. Авт. Свид. СССР №568598, приоритет от 24.12.1975
4. Берлин М.А., Антипов В.А., Цыбулевский А.М. и др. Способ получения ферромагнитной жидкости. Авт. свид. СССР №64-9657, приоритет от 03.09.1976
5. Берлин М.А., Грабовский Ю.П., Цыбулевский А.М. и др. Способ получения ферромагнитной жидкости. Авт. свид. СССР №769938, приоритет от 07.07.1978
6. Берлин М.А., Грабовский Ю.П., Цыбулевский А.М. и др. Способ получения ферромагнитной жидкости. Авт. свид. СССР №769939, приоритет от 07.07.1978
7. Грабовский Ю.П., Берлин М.А., Соколенко В.Ф. Установка для получения магнитной жидкости. Авт. свид. СССР № 11811-84, приоритет от 03.11.1981
8. Farkas J.A. Pilot-plant process for manufacturing kerosene-base ferromagnetic Fluid // Separation Science and Technology.- 1983. – Vol. 18(9). – P. 787-802.
9. Калаева С.З., Макаров В.М., Шипилин А.М. и др. Способ получения магнитной жидкости. Патент РФ №2276420, приоритет от 06.12.2004
10. Гушин В.В., Яковенко Г.В., Кашараба О.В., Кошечев В.И., Орлов Г.И., Берлин М.А. и др. Способ разделения водонефтяной эмульсии. Патент РФ №2286195, приоритет от 05.05.2005
11. Гушин В.В., Яковенко Г.В., Кашараба О.В., Кошечев В.И., Орлов Г.И., Берлин М.А. и др. Способ разделения водонефтяных эмульсий. Патент РФ №2309001, приоритет от 05.05.2005
12. Орлов О.Л. Магнитожидкостные устройства, контактирующие с жидкими немагнитными средами. Ставрополь, 2004
13. Медведев В.Ф., Краков М.С., Маскалик Е.С., Устройство для снижения гидравлического сопротивления в трубопроводе. Авт. Свид. СССР №1124152 // Открытия. Изобретения. Пром. Образцы. Товар. Знаки. – 1984. - №42
14. Медведев В.Ф., Краков М.С., Маскалик Е.С. и др. Устройство для снижения гидравлического сопротивления в трубопроводе. Авт. Свид. СССР №1370360 // Открытия. Изобретения. Пром. Образцы. Товар. Знаки. – 1988. - №4
15. Берлин М.А., Грабовский Ю.П., Кошечев В.И. и др. Устройство для снижения гидравлического сопротивления в трубопроводе. Патент РФ №2332613, приоритет от 13.02.2007
16. Кашараба О.В., Тархова Н.А., Кошечев В.И., Орлов Г.И., Берлин М.А. и др. Датчик. Патент РФ №2284480, приоритет от 06.09.2004
17. Лурье М.В., Левин М.С. Способ последовательной перекачки разнородных нефтепродуктов. Патент РФ №21569-15, БИПМ №27, 2000
18. Горенко В.А., Федоренко А.Н. Разработка и внедрение магнитной системы поиска очистных устройств в трубопроводе // Тез. Докл. Республики научно-технической конф. «Применение магнитоактивных материалов и магнитных систем в народном хозяйстве», Ивано-Франковск, 4-5 окт 1989 г. – Киев : УкрНИИТИ, 1989
19. Кашараба О.В., Тархова Н.А., Кошечев В.И., Орлов Г.И., Берлин М.А. и др. Способ вытеснения продуктов из трубопровода. Пат. РФ №2274800, приоритет от 06.09.2004
20. Айдуганов В.М., Старшов М.М. Способ обработки призабойной зоны скважин, добывающих тяжёлые нефти и природные битумы. Пат. РФ №2144980, приоритет от 23.03.1998
21. Старшов М.М., Айдуганов В.М. Способ обработки призабойной зоны скважин, добывающих тяжёлые нефти и природные битумы. Пат. РФ №2144982, приоритет от 23.03.1998
22. Берлин М.А., Гарушев Э.А., Грабовский Ю.П., Коробкин А.В. Способ обработки призабойной зоны скважин. Заявка №2-007102100, приоритет от 19.01.2007
23. Коровин В.М., Райхер Ю.Л. Возможности и перспективы применения магнитожидкостных акустических контактов в ультразвуковой дефектоскопии // Тез. Докл. V Всесоюз. Конф. по магнитным жидкостям (г. Плес, 17-20 мая 1988), т. 1. – М.: Институт Механики МГУ, 1988, с. 136-137.
24. Коровин В.М., Коровина Л.А., Райхер Ю.Л. Расчёт магнитной системы для удержания магнитной жидкости в зоне акустического контакта // Тез. Докл. IV Всесоюзной конф. по магнитным жидкостям (г. Плес, 14-16 мая 1985 г.), т. 1. – Иваново, 1985, с. 159-160
25. Орлов Д.В., Михалев Ю.О., Мышкин Н.К. и др. Магнитные жидкости в машиностроении. М.: Машиностроение, 1993.

У МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

24 - 29 мая 2010г.
Россия, г. Геленджик



“Современные технологии капитального ремонта скважин и повышения нефтеотдачи пластов. Перспективы развития.”

Основные темы конференции:

- ремонтно-изоляционные работы в нефтяных и газовых скважинах;
- повышение нефтеотдачи пластов;
- интенсификация добычи нефти и газа;
- глушение скважин, временная блокировка продуктивных пластов;
- крепление призабойных зон слабосцементированных коллекторов;
- ликвидация осложнений при бурении скважин;
- зарезка вторых стволов;
- роль геолого-промысловых исследований при ремонте скважин;
- применение колпобитовых технологий;
- организация сервисных услуг;
- технико-экономический анализ проектов, супервайзинг, управление;
- информационные технологии.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:



ОРГАНИЗАТОР:



ООО “Научно-производственная фирма “Нитро”

Тел./факс: (861) 216-83-83 (464, 465)

info@oilgasconference.ru oilgasconference@mail.ru

www.oilgasconference.ru

СПОНСОРЫ:



СПОНСОРЫ КОФЕ-БРЕЙКОВ:

