МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «Научно исследовательское предприятие «Лазерные технологии»

ИННОВАТИКА-2018

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XIV Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых
26–27 апреля 2018 г.
г. Томск, Россия

Под редакцией А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations
STT
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2018

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Ю.В. Медведев, А.Г. Левашкин, Д.В. Сорочан
Национальный исследовательский Томский государственный университет
dsorochan1995@gmail.com

CARBON AND HYDROGEN PRODUCTION TECHNOLOGY FROM NATURAL GAS

Yu.V. Medvedev, A.G. Levashkin, D.V. Sorochan
National Research Tomsk State University

The work is devoted to a low-cost technology for obtaining fine-grained carbon from a hydrocarbon gas by decomposing a microwave discharge in a plasma.
Keywords: hydrocarbon gas, microwave discharge, low-cost technology.

Объектом исследования является технология получения углерода и водорода из природного газа. При разработке газоконденсатных месторождений существует проблема утилизации попутного нефтяного газа, обусловленная отсутствием развитой инфраструктуры для его переработки и транспортировки. Транспортировка попутного газа, в отличие от природного газа, содержащего преимущественно метан, затруднена наличием в нем до 50% тяжелых фракций (пропан, бутан и т.д.), способных в условиях низких температур образовывать пробки в трубопроводе. Чаще всего попутный газ используют в качестве топлива, закачивают в нефтеносные пласты для повышения их ресурса или сжигают. Между тем, попутный углеводородный газ является ценным сырьем, позволяющим извлекать его компоненты – углерод и водород – в чистом виде. Стоимость указанных компонентов значительно превосходит стоимость исходного сырья, в связи с чем технология их получения непосредственно в месте добычи попутного нефтяного газа является экономически оправданной, а работы по ее усовершенствованию – актуальными.

Основными методами получения углерода и водорода из природного газа являются:

1. Каталитический риформинг углеводородсодержащего сырья;
2. Получение водорода из сухого углеродсодержащего сырья материала путем газификации;
3. Метод частичного окисления углеводородного сырья;
4. Метод разложения углеводородов на никельсодержащем катализаторе при повышенной температуре;

5. Метод получения мелкодисперсного углерода из углеводородного газа путем разложения в плазме СВЧ разряда.

Работа посвящена малозатратной технологии получения мелкодисперсного углерода из углеводородного газа путем разложения в плазме СВЧ разряда. Плазменное разложение углеводородного газа, чаще всего метана, составляющего основу природного газа, или пропан-бутановой фракции, преобладающей в попутном газе. Вместе с углеродом при разложении газа образуется водород, который может служить экологически чистым топливом. Такой способ конверсии органически дополняет основной канал утилизации, связанный с производством тепла и электроэнергии, причем если идет речь об альтернативе сжиганию газа, то его можно рассматривать как даровое топливо для энергетической установки.

Предлагаемая СВЧ плазменная технология, отличающаяся максимальной простотой и малым ресурсопотреблением, способна обеспечить дешевым наноуглеродным сырьем целый спектр исследований по композиционным материалам.

Предлагаемая технология отличается максимальной простотой. Процесс проходит при атмосферном давлении, без катализатора, без плазмообразующего газа, без ферритовой развязки между генератором и плазмотроном. Установка содержит магнетрон с источником питания, резонансную систему с разрядным промежутком и системой подачи в него газа, а также систему сбора выходного продукта (рис.1).

Анализируя существующие методы получения углерода и водорода из природного газа, можно сделать вывод, что уже имеющиеся разработки имеют низкую производительность и высокую стоимость, что является экономически невыгодным для потенциальных потребителей.

Из анализа недостатков существующих разработок, следует выделить такие основные проблемы, как техническая сложность вывода чистого углерода, который адсорбируется на поверхности катализатора. А также, низкая производительность, обусловленная неполным перехватом потока газа областью разряда (источник разряда – металлическое острие), необходимость дополнительного подогрева и потерь тепла по пути между областью подогрева и областью разряда.

Главным конкурентоспособным отличием, будет являться:

1) Увеличенный ресурс работоспособности, выраженный в продолжительной работе без проплавления диэлектрической трубы. При этом становится возможным использовать предлагаемую технологию не только в лабораторных, но и в промышленных условиях;

2) Обеспечение простоты настройки также соответствует промышленным условиям, не требуя высокой квалификации персонала, обслуживающего устройство.

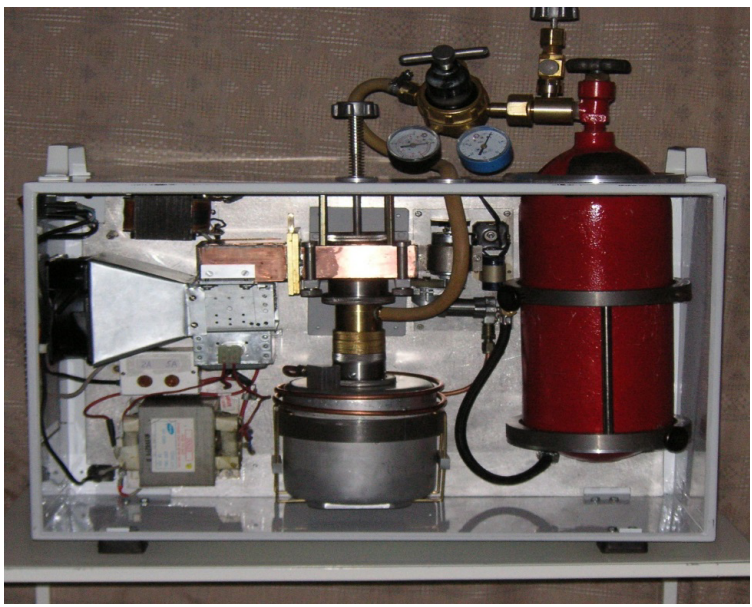

Рис. 1. Рабочий вариант установки плазменной конверсии метана

Способы применения данной технологии:

1) Получение проводящих пластмасс

Высокая дисперсность углеродного продукта позволяет использовать его для придания токопроводящих свойств полимерным материалам и лакокрасочным покрытиям, что позволяет избегать накопления на них электростатических зарядов.

Влияние добавок мелкодисперсного углерода на объемную проводимость полимерного материала исследовалось с использованием эпоксидной смолы. Результаты измерений показали наличие порога перколяции в области массовой концентрации мелкодисперсного углерода порядка 3%. Проводимость при концентрации 6% составила около 1 мкСм/м, а при концентрации 10% достигала 0,01См/м. С использованием технического углерода аналогичные результаты получаются при концентрациях поряд-

ка 25%. Как и в предыдущем случае, возможность введения углерода в относительно малых концентрациях привлекательна тем, что обеспечивает сохранение механических свойств полимера.

2) Упрочнение цементных смесей

Известная водная эмульсия материала «Таунит» (Тамбов) рекламируется к применению для повышения механической прочности и эластичности бетонов. Однако, стоимость тамбовской эмульсии наноуглерода исчисляется тысячами рублей за литр. Стоимость нашей эмульсии исчисляется десятками рублей за литр

По предварительным экспериментам с водой эмульсией нашего наноуглерода отмечено повышение прочности на излом до 30%. Расход углерода – 100 г на тонну цемента

3) Повышение качества смазочных материалов

Нанодисперсные добавки улучшают трибологические свойства смазочных материалов. Методика проведенных трибологических испытаний заключалась в сравнении чистых эталонированных масел (рис.2) и масел, модифицированных наноуглеродом. (рис.3) Положительный эффект отмечен в диапазоне концентраций наноуглерода от 0,1 до 0,3%. Наблюдается двукратное повышение несущей способности в паре скольжения.

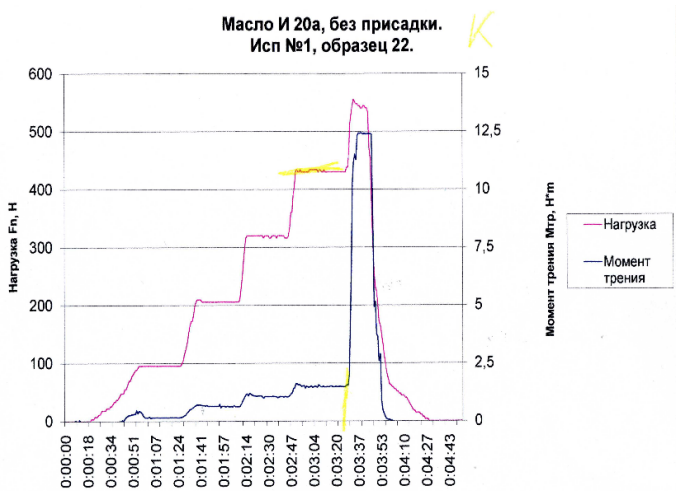

Рис. 2. Чистое эталонированное масло

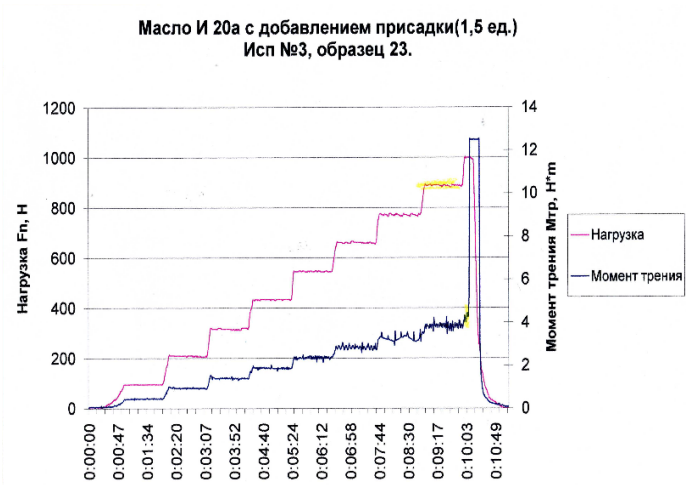

Рис. 3. Масло модифицированное наноуглеродом

В конечном итоге, данная отрасль переработки попутного нефтяного газа, несомненно, является перспективной, так как попутный нефтяной газ является важным сырьем для энергетики и химической промышленности. Содержащиеся в ПНГ метан и этан используются в химической промышленности для производства пластических масс и каучука, а более тяжелые элементы служат сырьем при производстве ароматических углеводородов, высокооктановых топливных присадок и сжиженных углеводородных газов.

По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ (МПР), из 55 млрд м3 ежегодно добываемого в России ПНГ лишь 26% (14 млрд м3) направляется в переработку, 47% (26 млрд м3) идет на нужды промыслов либо списывается на технологические потери и 27% (15млрд. куб.м) сжигается в факелах. По расчетам МПР, из-за сжигания ПНГ Россия ежегодно теряет около 139,2 млрд рублей (консолидированная стоимость жидких углеводородов, пропана, бутана и сухого газа, производимых при переработке попутного газа). Также сжигание ПНГ приводит к значительным выбросам твердых загрязняющих веществ и ухудшению экологической обстановки в нефтепромысловых районах.

Литература

1. Исследовании процесса пиролиза природного газа в СВЧ разряде и его конверсия в углеродные нано материалы / В.Б. Антипов, Ю.И. Цыганок, Д.Ю. Медведев и др. // Известия вузов. Физика. – 2010. – № 9/2. – С. 149–150.
2. Антипов В.Б. Фирсов С.А. Цыганок Ю.И. Утилизация углеводородного газа путём СВЧ-плазменной конверсии в наноуглерод и водород // Газохимия. – 2011. – № 3–4. – С. 46–48.
3. Способ получения углерода и водорода из углеводородного газа и устройство для его осуществления : патент РФ № 2317943. – Приоритет от 20.12.2005 г.; Опубликовано 27.02.2008 ; Бюл. № 6.
4. Получение высокодисперсного углеродного материала из природного газа под действием СВЧ – излучения / А.Г. Жерлицын, В.П. Шиян, С.И. Галанов и др. // Известия вузов. Физика. – 2007 – № 10/3. – С. 280–28.
5. Способ получения углерода и водорода из углеводородного газа и устройство его осуществления : патент РФ № 2317943 / Ю.В. Медведев, А.Г. Жерлицын и др. – Опубл. 27.02.2008 г.; Бюл. № 6.