

УДК 665.7.038:547.313

ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ГЛУБОКО ОХЛАЖДЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ (ВЫСШИХ α -ОЛЕФИНОВ)

В.И. Курец, Г.В. Несын, Г.П. Филатов, А.Ю. Юшков, К.Б. Коновалов

Томский политехнический университет

E-mail: kuretz@elti.tpu.ru

Разработана технологическая схема измельчения высокоэластичных материалов электрическими импульсными разрядами в среде жидкого азота. Метод использован для получения высокодисперсного порошка полиоктена. Представлены результаты сравнительных испытаний суспензий «Liquidpower» (импортной) и суспензии порошка полиоктена, полученной электроимпульсным методом.

Ключевые слова:

Полиоктен, электрический импульсный разряд, электроимпульсное разрушение, антитурбулентная присадка, жидкий азот.

При транспортировке нефтепродуктов по трубопроводам под давлением в них образуются турбулентные зоны, которые увеличивают гидродинамического сопротивления и, соответственно, приводят к росту потерь напора.

Одной из эффективных мер по снижению потерь напора является введение в нефтяной поток специальных антитурбулентных присадок [1, 2], в основном, органического происхождения, обладающих способностью быстро растворяться в нефти. Обычно присадки добавляются в виде суспензий, где в качестве твердой фазы используют полимеры крупностью 1...2 мм, т. к. время их растворения не должно превышать 90 мин. В настоящее время потребность в присадках удовлетворяется за счет импорта, поэтому создание отечественных присадок на базе отходов химической промышленности является актуальной задачей.

Основной проблемой создания суспензии является получение порошков крупностью 1...2 мм из полимеров высших α -олефинов типа полиоктена, который в нормальных условиях является высокоэластичным материалом и не может быть диспергирован в традиционных механических аппаратах. Для решения этой задачи было предложено [3] измельчать полиоктен электрическими импульсными разрядами в среде жидкого азота. Глубоко охлажденный полиоктен теряет свою эластичность, становится хрупким и разрушается при ударных нагрузках. Известно [4, 5], что наиболее эффективным методом генерирования ударных нагрузок с использованием электрических разрядов является электроимпульсный способ, при котором траектория канала разряда формируется в толще твердого тела, а не в окружающей его жидкости.

Целью данной работы являлось исследование возможности получения порошка полиоктена крупностью менее 2 или 1 мм электроимпульсным способом, оценка энергоемкости процесса и расхода жидкого азота при дезинтеграции сырья в порционной криогенной рабочей камере, сравнение полученных суспензий по скорости растворения твердой фазы в зависимости от ее крупности, а также оценка

снижения гидродинамического сопротивления в зависимости от концентрации присадки.

Для решения поставленных задач необходимо определить параметры источника высоковольтных импульсов, которые позволят эффективно разрушать сырье в среде жидкого азота. К таким параметрам относятся амплитуда импульса и скорость ее нарастания, которые можно определить по вольт-секундным характеристикам пробоя полиоктена и жидкого азота.

В качестве объекта исследований использовался полиоктен, полученный путем полимеризации мономера октена [6]. Плотность материала составляла 0,89...0,9 г/см³, что практически равно плотности жидкого азота. Полиоктен был изготовлен в виде цилиндров с диаметром 40...50 мм и высотой 30...40 мм, из которых изготавливались образцы для исследования электрической импульсной прочности. Исследования энергетических и размерных характеристик измельчения проводились на фрагментах полиоктена крупностью менее 20 мм, полученных из образцов путем механической резки. Было приготовлено 70 навесок, масса каждой составляла 1000 г. Разрушение сырья проводилось в криогенной камере (рис. 1).

В качестве источника высоковольтных импульсов использовался генератор Маркса, характеристики которого представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики генератора высоковольтных импульсов

Наименование параметра	Единицы измерений	Значение параметра
Амплитуда напряжения	кВ	150...300
Емкость в разряде	мкФ	0,25
Энергия импульса	Дж	1125
Частота импульсов	имп./с	1-10
Индуктивность разрядного контура	мкГн	10...15

Вольт-секундные характеристики регистрировались при помощи осциллографа для различной толщины образцов и при различных скоростях нарастания напряжения, что достигалось варьирова-

нием индуктивности разрядного контура. Каждая точка определялась, как усредненная, по пяти измерениям, разброс не превышал 15 %. Вольт-секундные характеристики пробоя полиоктена и жидкого азота, зарегистрированные в резконеверном поле, представлены на рис. 2.

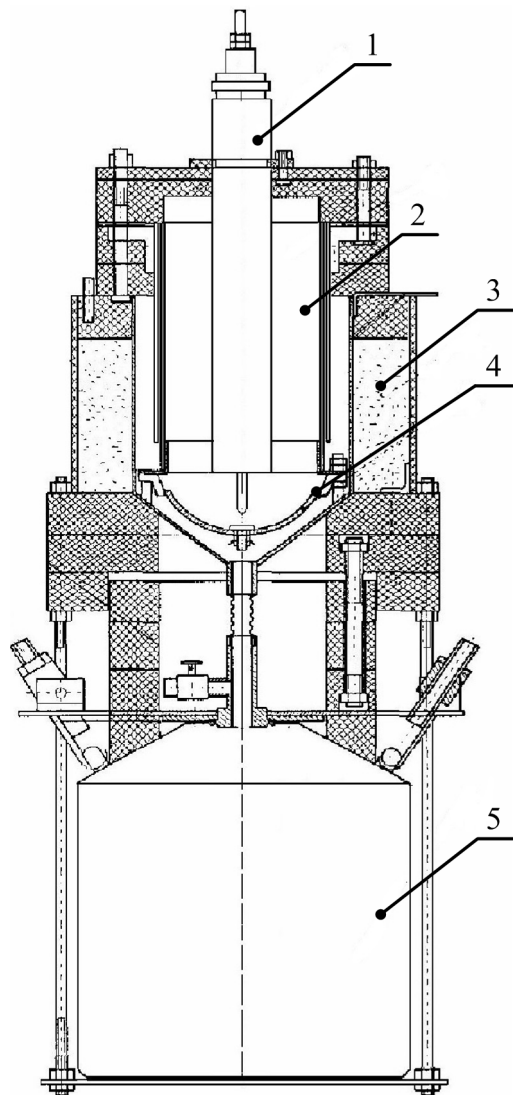


Рис. 1. Рабочая камера: 1) высоковольтный электрод; 2) разрядная камера; 3) теплоизоляционная стенка; 4) электрод-классификатор; 5) бак-сборник

Как видно из представленных зависимостей электрическая прочность полиоктена становится выше электрической прочности жидкого азота при скорости нарастания напряжения более 450 кВ/мкс (зона I). При этом канал разряда будет формироваться в полиоктене, реализуя электроимпульсный способ разрушения. Следует отметить, что с увеличением крупности продукта амплитуда пробивного напряжения пропорционально растет. Таким образом, для выбора параметров источника импульсов, целесообразно ориентироваться на средние пробивные градиенты напряжений 8...10 кВ/мм при скорости нарастания напряжения не менее 450 кВ/мкс.

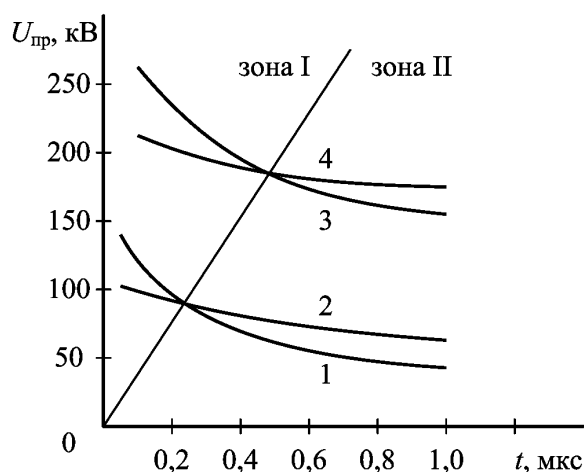


Рис. 2. Вольт-секундные характеристики электрического пробоя глубокоохлажденных фрагментов полиоктена (1, 3) и жидкого азота (2, 4). Длина разрядного промежутка: 1, 2) 10 мм, 3, 4) 30 мм

Порядок проведения экспериментов по измельчению полиоктена состоял в предварительном охлаждении элементов рабочей камеры и исходного сырья в течение 10 мин. За это время полиоктен достигал температуры стеклования (100 К). При этом частично терялась часть жидкого азота. Затем в рабочую камеру доливался жидкий азот и подавались импульсы на высоковольтный электрод. Заземленный электрод-классификатор в камере имеет отверстия, диаметр которых определяется требуемой крупностью готового продукта. После проведения измельчения, заземленный электрод и бак-сборник извлекались из жидкого азота. Продукт разгружался в емкости с поверхностно-активным веществом, т. к. без него продукт агломерируется. Далее проводился его рассев на стандартных ситах. В процессе исследований собиралась следующая информация после каждого опыта: масса исходного сырья и конечного продукта, число поданных импульсов, энергия единичного импульса, время работы и расход жидкого азота. Рассчитывались затраты энергии, удельная производительность процесса и гранулометрические характеристики готового продукта. Оценивалось время растворения твердой фазы и количество растворенного продукта.

В табл. 2 представлены сводные результаты экспериментов по измельчению сырья.

Таблица 2. Основные характеристики процесса измельчения

Параметры	Класс крупности, мм		
	-1	-2	-3
Энергозатраты, кВт·ч/кг	0,16	0,058	0,021
Удельная производительность, г/имп.	1,1	2,15	4,36
Расход жидкого азота, л/кг	7,0	5,0	4,0
Время растворения твердой фазы, мин.	70...80	90	100
Количество растворенного вещества, %	100	98	95

Как видно из табл. 2, при измельчении сырья электроимпульсным способом в среде жидкого азо-

та до крупности менее 1 мм следует ориентироваться на следующие показатели: энергоемкость – 0,16 кВт·ч/кг, удельная производительность – 1,1 г/имп., расход жидкого азота 7 л/кг. С увеличением крупности измельчения удельная энергоемкость процесса и расход азота уменьшаются, а удельная производительность растет. Время растворения твердой фазы суспензии также увеличивается, что ухудшает условия снижения турбулентности при прокачке вязких жидкостей.

В табл. 3 представлено распределение продукта по классам крупности при измельчении сырья.

Таблица 3. Гранулометрическая характеристика измельченного продукта

Класс крупности, мм	Содержание, %
+1	4,86
-1+0,8	5,44
-0,8+0,5	21,30
-0,5	68,40

Из табл. 3 видно, что в готовом продукте 68,4 % составляют зерна менее 500 мкм, а в класс –1 мм выходит более 95 %, то есть практически все исходное сырье измельчается до зерен менее 1 мм. Такая гранулометрическая характеристика продукта позволяет рассчитывать на достаточно высокие скорости растворения твердой фазы суспензии в нефти.

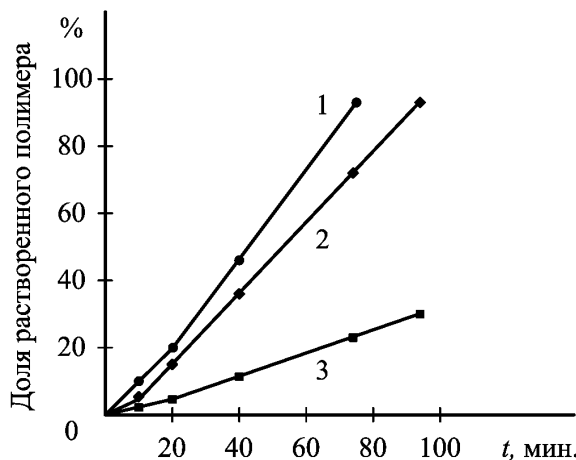


Рис. 3. Зависимость доли растворенного полиоктена от времени при различных диаметрах частиц: 1) <1; 2) 1...2; 3) 2...3 мм

На рис. 3 представлены зависимости скорости растворения твердой фазы в нефти при различных размерах полиоктенового порошка. Из представленных материалов видно, что лучшие характеристики соответствуют порошку размером менее 1 мм, которая полностью растворяется в нефти за время порядка 80 мин., что удовлетворяет требованиям к присадкам.

Оценку способности суспензии, изготовленной из полиоктенового порошка, снижать гидродина-

мическое сопротивление углеводородных жидкостей определяли на турбулентном реометре по стандартной методике [1].

На рис. 4 представлены результаты экспериментов по снижению гидродинамического сопротивления бензина при варьировании концентрации присадки, изготовленной по исследуемой технологии, а также приведена аналогичная зависимость для импортной присадки.

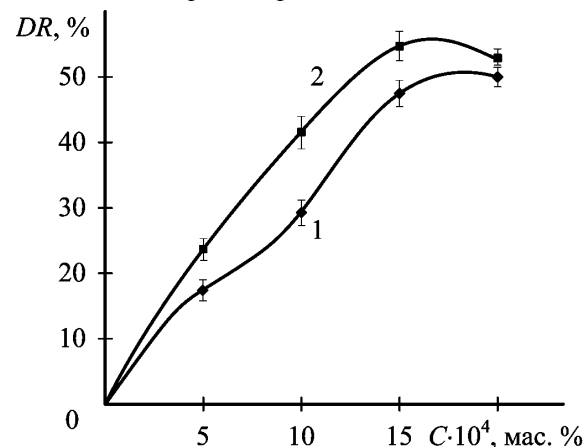


Рис. 4. Зависимость снижения гидродинамического сопротивления бензина (DR) от концентрации (C) присадки: 1) из порошка полиоктена; 2) импортная присадка «Liquidpower»

Представленные результаты показывают, что изготовленная присадка незначительно отличается по свойствам от импортной, а при высоких концентрациях присадки их свойства практически одинаковы.

Анализ себестоимости суспензии, изготовленной по предлагаемой технологии, с учетом стоимости жидкого азота показал, что она в 2...3 раза ниже чем цена суспензии «Liquidpower». Следует отметить, что процесс получения порошка полиоктена электроимпульсным способом далеко не оптимален. Дальнейшие исследования, разработка устройств непрерывного действия позволит значительно уменьшить затраты на ее производство.

Выводы

1. Разработана технологическая схема измельчения высокоэластичных материалов путем их обработки электрическими импульсными разрядами в среде жидкого азота. Определены оптимальные параметры источника импульсов.
2. Показана принципиальная возможность изготовления антитурбулентных суспензий, полученных из порошка полиоктена путем его измельчения электроимпульсным способом при криогенных температурах. Исследованы гранулометрические характеристики готового продукта (измельченного полиоктена).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Несын Г.В., Манжай В.Н., Илюшников А.В. Промышленный синтез и оценка гидродинамической эффективности потенциальных агентов снижения сопротивления в нефтепроводах // Инженерно-физический журнал – 2003. – Т. 76. – № 3. – С. 1–5.
2. Pat. 4837249 USA. ISI⁴ B05D 005/08. Rapid dissolving polymer composition and uses therefore / D.P. O'Mara, A.F. Nadermann, J.C. Tirpe.
3. Пат. 2314912 РФ. МПК⁷ B29B 17/00. Способ разрушения полиоктена / Г.Л. Лобанова, В.В. Лопатин, Г.В. Несын, Ю.В. Сулейманова, Э.Н. Таракановский, Г.П. Филатов. Заявлено 18.04.2005; Опубл. 20.01.2008.
4. Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. – 324 с.
5. Пат. 2050276 РФ. МПК⁷ B29B 17/02. Способ разрушения эластичных материалов / В.И. Курец, Э.Н. Таракановский, Г.П. Филатов, Ю.Г. Юшков, Г.М. Самойленко. Заявлено 20.06.1993; Опубл. 20.12.1995.
6. Несын Г.В., Манжай В.А., Гареев М.М., Полякова Н.М. и др. Промышленные испытания полимерной добавки «Виол», снижающей гидродинамическое сопротивление нефти // Нефтяное хозяйство. – 1995. – № 5–6 – С. 81–82.

Поступила 16.03.2009 г.

УДК 621.373.8

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ CuBr-ЛАЗЕРА С ЕМКОСТНОЙ НАКАЧКОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СХЕМЫ НА ОСНОВЕ ЛАМПОВОГО КОММУТАТОРА

Ф.А. Губарев^{1,2}, В.Ф. Федоров², Г.С. Евтушенко¹, В.Б. Суханов²

¹Томский политехнический университет
E-mail: ime@tpu.ru

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск
E-mail: qel@asd.iao.ru

Представлены результаты исследования CuBr-лазера с накачкой емкостным разрядом при использовании схемы на основе модуляторной лампы ГМИ-32Б. Показано, что схема с ламповым коммутатором может иметь преимущество при работе с газоразрядными трубками с малым диаметром внешних электродов, т. к. обеспечивает относительно высокий КПД при малом энергокладе в разряд.

Ключевые слова:

Лазер на парах брома меди, емкостный разряд, схемы накачки, модуляторная лампа, пониженный энергоклад, активные добавки.

Введение

Лазеры на парах меди и ее соединений, генерирующие когерентное излучение на длинах волн 510,6 и 578,2 нм, являются наиболее мощными и эффективными среди лазеров на самоограниченных переходах в парах металлов [1, 2]. Прогресс в исследовании и разработке лазеров данного класса связан, с одной стороны, с увеличением эффективности генерации, с другой стороны, с повышением срока службы активных элементов. В лазерах на парах металлов, в частности, в CuBr-лазерах, для создания активной среды традиционно применяется разряд продольного типа, возбуждаемый между двумя электродами, расположенными внутри газоразрядной трубки (ГРТ). Наличие внутренних электродов является одним из факторов, ограничивающих срок службы активных элементов лазеров, особенно, если лазерная среда содержит активные примеси (HBr, HCl и др.). Присутствие активных примесей модифицирует кинетические процессы в плазме лазера и приводит к существенному улучшению выходных характеристик [3, 4]. В связи с этим актуальна задача разработки и исследования лазера

на парах металлов, в котором бы отсутствовал непосредственный контакт материала электродов с газовой средой. В работах [5, 6] предложена и исследована конструкция излучателя CuBr-лазера, где электроды располагались на внешней стенке трубки. При таком расположении электродов электрическая связь плазмы внутри ГРТ со схемой накачки носит емкостный характер. Проведенные исследования показали, что CuBr-лазеры с емкостной накачкой практически не уступают по эффективности CuBr-лазерам с традиционной накачкой [6].

Важной с точки зрения получения высоких частотных и энергетических характеристик задачей является повышение эффективности ввода энергии в разряд, а значит, поиск наиболее эффективных схем накачки, в частности, при работе с емкостным разрядом. Настоящая работа посвящена исследованию CuBr-лазера с емкостным возбуждением при использовании схемы накачки, в которой в качестве коммутатора применялась модуляторная лампа ГМИ-32Б. Подобная схема возбуждения использовалась ранее при работе с CuBr-лазером с традиционной накачкой [7].