

Д. С. Шаров, В. Ю. Смирнов, Е. В. Шахина,
С. Е. Петров, А. И. Хацринов, Р. Ф. Гатина

СУШКА НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ВАКУУМНОЙ КАМЕРЕ

Ключевые слова: нитрат целлюлозы, вакуумная камера, сушка, инфракрасный излучатель.

Проведены исследования возможности сушить нитраты целлюлозы в вакуумной камере при изменяющихся температурах нагрева продукта при помощи инфракрасных излучателей. Выявлены средние скорости удаления влаги из материала при различных условиях процесса сушки.

Keywords: nitrocellulose, vacuum vessel, drying, infrared lamp.

The possibility of nitrocellulose drying in a vacuum vessel with changing temperature of the infrared lamp product heating was researched. The average rates of matter moisture removal within different drying process condition were detected.

Введение

Нитраты целлюлозы (НЦ) нашли широкое применение в различных областях промышленности. В оборонной промышленности нитраты целлюлозы применяются при изготовлении порохов, твердых ракетных топлив и различных композиций на их основе. В гражданской промышленности в производстве лакокрасочных материалов. В последние десятилетия область применения нитратов целлюлозы заметно расширилось, в связи с их использованием для изготовления детекторов ионизирующих излучений, биологических индикаторов, полупроницаемых мембран, селективных сорбентов и других видов современной наукоемкой продукции. [1]

Заключительной стадией производства нитратов целлюлозы является стадия водоотжима нитратов целлюлозы от воды. Данный процесс проводится в центрифугах до остаточной влажности 28-32%. Затем влажная НЦ обезвоживается до остаточной влажности (массовой доли воды) не более 5% способом, предложенным еще в начале прошлого века Д.И. Менделеевым и заключающимся в вытеснении из суспензии НЦ избытка воды этиловым спиртом. [2]

В технических решениях, заложенных в данной работе, предложен способ удаления влаги из НЦ путем вакуумной сушки при глубоком вакууме, при температуре менее 70 °С, что позволяет обеспечить безопасные условия сушки до 1,5-2,0 % остаточной влажности. [3]

В настоящей работе приведены результаты возможности сушки НЦ в вакуумной камере с использованием инфракрасных (ИК) излучателей. [44]

Экспериментальная часть

Основная сложность исследовательской работы заключалась в обеспечении равномерного прогревания материала во всем его объеме. Для этого проводилась обработка НЦ несколькими способами: 1-нагрев ИК излучателем, 2-нагреваемой подложкой, 3-нагретым воздухом. Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рис.1.

Проведены изменения высоты Н от поверхности НЦ до ИК излучателя. Наряду с этим, в ходе экспериментальной работы изменялось давление в

вакуумной камере от 150 до 250 мм.рт.ст. (0,2-0,35 атм.) В качестве ИК излучателя использовался длинноволновый излучатель с плотностью мощности 4,5кВт/м².

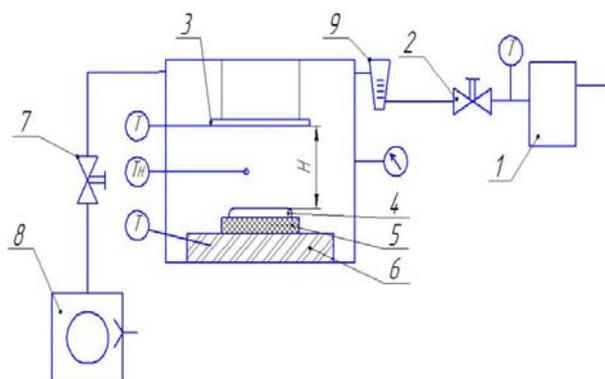


Рис. 1 - Схема установки: 1 - подогреватель, 2 - клапан, 3 - ИК излучатель, 4 - осушаемый продукт, 5 - резиновая подложка, 6 - теплоизоляционный материал, 7 - клапан, 8 - вакуумный насос, 9 - ротаметр

В ходе экспериментальных исследований определили количество удаляемой воды из НЦ. Зависимость этого показателя от искусственно создаваемых условий представлены на рис.2

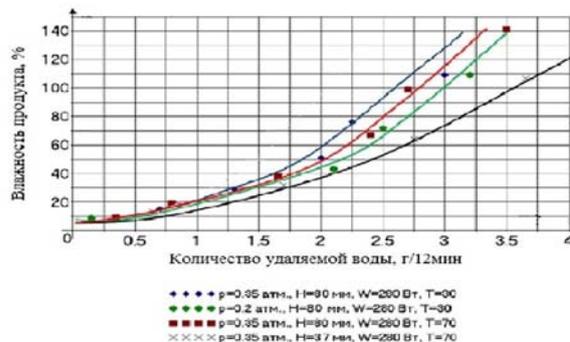


Рис. 2 - Зависимость количества удаляемой воды от влажности продукта при различных условиях

Из представленных графиков на рис.2 видно, что максимальное удаление влаги из материала происходит при уменьшении давления (ближе к

температуре кипения воды) и увеличении температуры подводимой к материалу.

Необходимо отметить, что в проведенных экспериментальных работах, при отсыпке пробы на весы, наблюдалось наличие следов влаги на поверхности подложки вплоть до проведения конечных этапов взвешивания. Кроме того, на последних двух циклах взвешивания наблюдалось налипание на лист частиц продукта, контактирующих с поверхностью, т.е. налицо электризация продукта при его охлаждении с 70 °С до температуры воздуха на участке взвешивания, которая составляла 23 °С. Для определения оптимальной величины $\Delta T_{гх}$ перепада температур, при которой налипание отсутствует, продукт нагрели в вакууме до температуры 50 °С и затем остужали при комнатной температуре, при этом площадь налипания уменьшилась приблизительно в 3 раза. При повторном эксперименте, продукт нагревали в вакуумной камере до 35 °С и затем также помещали в комнатные условия. В данном случае налипания не наблюдалось, т.е. электростатическим фактором можно пренебречь. Таким образом, $\Delta T_{гх}$ находится в диапазоне 10-12 °С.

Для установления разницы скорости испарения свободной и связанной влаги, в следующем эксперименте использовали образцы НЦ не прошедшие стадию водоотжима.

На рис.3 представлены зависимости потери влаги из навесок НЦ от их влажности.

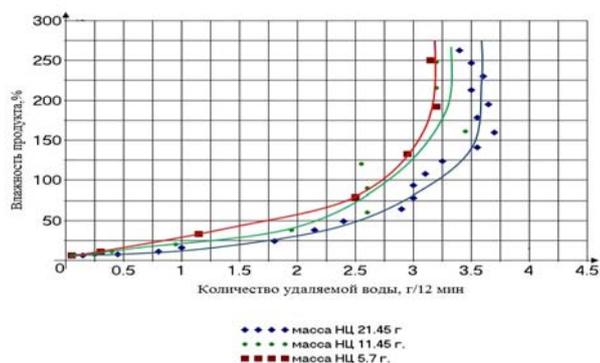


Рис. 3 - Зависимость убыли влаги от массы НЦ

Из полученных результатов видно, что при влажности более 150 % убыль влаги мало зависит от начальной массы НЦ (разница около 10 %). Однако отмечено, что скорость убыли влаги падает при снижении влажности до 50 – 30 %. Это связано с началом испарения связанной влаги.

В следующем опыте длинноволновый ИК излучатель заменили на галогенный (коротковолновый) с плотностью мощности 26кВт/м². Результатом эксперимента построена зависимость количества удаляемой воды из продукта, при нагреве его коротковолновым ИК излучателем (рис. 4).

В результате выдержки НЦ в вакуумной камере в 1 цикле - испарилось 7,7г/влаги.

В результате выдержки НЦ в вакуумной камере во 2 цикле в течение 5 минут наблюдается воспламенение продукта, однако на подложке осталось 3г не сгоревшей НЦ. Это свидетельствует о неравномерности сушки.

В 3 цикле заметно изменение цвета поверхности нитрата целлюлозы с белого на светло-коричневый, что может быть вызвано тепловым разложением продукта.



Рис. 4 - Зависимость количества удаляемой воды из продукта от влажности НЦ

Методика проведения эксперимента представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики циклов проводимого эксперимента

1 цикл эксперимента:	
масса загружаемой НЦ	19 г
влажность	140%
мощность излучателя	900 Вт
давление в камере	0,35атм
время выдержки	10 мин
2 цикл эксперимента:	
масса загружаемой НЦ	11,3 г
влажность	60%
мощность излучателя	900 Вт
давление в камере	0,35атм
время выдержки	5 мин
3 цикл эксперимента:	
масса загружаемой НЦ	11,3 г
влажность	60%
мощность излучателя	900 Вт
давление в камере	0,35атм
время выдержки	4 мин

Заключение

Таким образом, в результате проведенных работ по сушке нитратов целлюлоз в вакуумной камере, выявлены средние скорости удаления влаги из материала при различных объемах и влажности продукта (представлены на графиках). Показано, что при размещении продукта на резиновой подложке, поверхность испарения представлена, в основном, верхним слоем продукта, что снижало скорость испарения влаги, препятствуя удалению влаги из нижних слоев (что и наблюдалось по остаткам влаги на резине). Экспериментально подтверждено, что удаления поверхностной влаги велика, по сравнению со связанной и находится в пределах 10% от общей влажности.

Литература

1. В.И. Коваленко Структурно-кинетические особенности получения и термодеструкции нитратов целлюлозы. Наука, Москва, 2005, С. 46-51
2. В.И. Гиндич. Технология пироксилиновых порохов, Казань, 1995.- Т1, С. 21-25
3. Р.З. Агзамов Биологические методы утилизации отходов производства нитроцеллюлозы / Р.З.Агзамов, А.С.Сироткин, О.Б.Братилова, С.Е.Петров, А.И.Хацринов, Ю.М.Михайлов// Вестник Казан. технол. ун-та. 2012; №20. С.172-175.
4. А.С.Семочкин. Применение СВЧ-излучения для концентрирования серной кислоты в вакууме / А.С.Семочкин, А.И.Хацринов, М.Ф.Хакимов, В.В.Наместников, Р.Ф.Гатина // Вестник Казан. технол. ун-та. 2010; №8. С.410-411.

© **Д. С. Шаров** – магистр КНИТУ, вед. инж. технолог ФКП «ГосНИИХП»; **В. Ю. Смирнов** – главный специалист ФКП «ГосНИИХП»; **Е. В. Шахина** – к-т. техн. наук, нач. лаборатории ФКП «ГосНИИХП»; **С. Е. Петров** – начальник центра ФКП «ГосНИИХП»; **А. И. Хацринов** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры КНИТУ; **Р. Ф. Гатина** – д-р хим. наук, проф., директор ФКП «ГосНИИХП», gniihp@bancorp.ru.