

УДК 67.05:691.175.5/.8

Деменик Д.А., студент

Янченко Р.А., студент

Национальный исследовательский университет МИЭТ

Разработка технологического процесса осушения полиэтиленгликоля для вторичного использования в процессе резке кремниевых пластин

Основными методами резки кремниевых слитков на пластины являются: резка алмазными дисками (для спец. заказов); резка алмазированной проволокой (15 % мирового производства); проволоочная резка с использованием абразивной суспензии (85% мирового производства)[1].

В настоящее время с учетом роста объемов производства встала проблема вторичного использования режущей суспензии на основе полиэтиленгликоля и карбида кремния, для резки кремниевых слитков на пластины.[1]

Целью данной работы является разработка технологического процесса осушения полиэтиленгликоля до содержания влаги, допускающего вторичное использование полиэтиленгликоля (1% от массы).

Один из параметров качества суспензии - количество в ней воды. Для оптимальных процессов резки слитков, полиэтиленгликоль должен содержать минимальное количество влаги, а именно не более 1% от массы. Большое содержание влаги в полиэтиленгликоле делает суспензию менее вязкой, что приводит к нарушению технологического процесса, а значит, приводит к браку продукции. Известно, что полиэтиленгликоль очень гигроскопичен, в процессе резки кремния набирает большое количество влаги из атмосферного воздуха. Так как в рабочей зоне невозможно создание определенного микроклимата, в силу особенностей технологического оборудования и помещения, единственным решением данной проблемы является осушение полиэтиленгликоля.

Конвективной называют сушку, при которой теплоносителем является нагретый или комнатной температуры воздух, обычно подаваемый к высушиваемому телу вентиляторами.[2]

Интенсивность данного метода зависит от температуры осушаемого материала, температуры воздуха, влажности воздуха, а также энергии связи молекул раствора[3].

С целью модернизации процесса сушки полиэтиленгликоля разработано специальная технологическая установка, состоящая из ряда составных частей, представленных на рисунках 1 и 2.

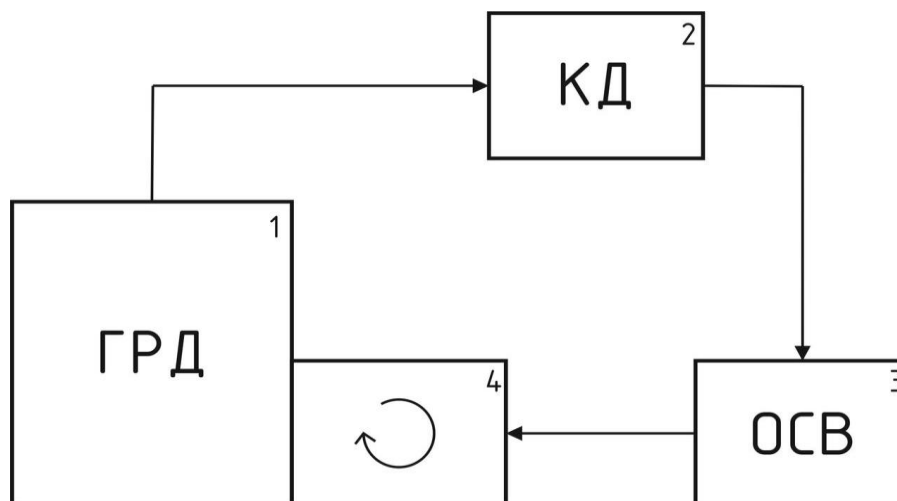


Рисунок 1. Первый контур: 1- ГРД- градирня; 2- КД- кондиционер доводчик; 3- ОСВ- осушитель воздуха; 4-Вентилятор ГРД.

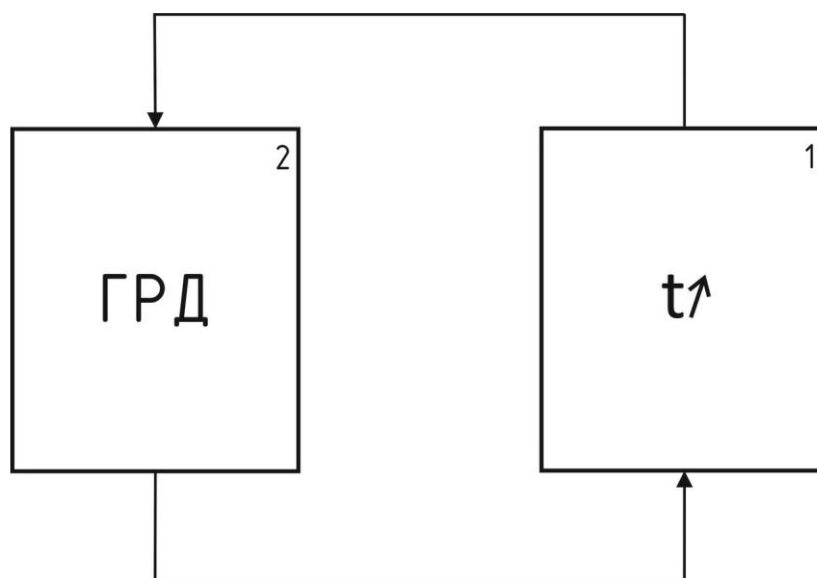


Рисунок 2. Второй контур: 1- $t \uparrow$ - нагреватель; 2- ГРД- градирня.

На рисунке 3 изображена фотография установки.



Рисунок 3. Изображение установки

Принцип работы данной установки заключается в том, что вместо воды, которую охлаждают в градирне, подается сильно разогретый полиэтиленгликоль, который предварительно обдувается осушенным воздухом. При проходе воздуха через градирню, он набирает влагу и теплоту, поэтому возникла необходимость обеспечить циркуляцию данного воздуха, который проходит через кондиционеры и осушитель воздуха для отведения влаги. Для подбора режима подачи полиэтиленгликоля и воздуха, двигатель насоса и вентилятора необходимо подключить через регулятор частоты. Разогретый полиэтиленгликоль, распыленный через форсунки, попадает на так называемые соты градирни, установленные для увеличения площади испарения.

Градирня ГРД 12У в данной установке является холодной зоной или зоной испарения.

Имеющаяся градирня ГРД 12У предназначена для охлаждения воды с расходом $12 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$. Прилагающиеся к ней форсунки, так же рассчитаны на расход $12 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$. Так как задачей было осушать $500-1000 \frac{\text{литр}}{\text{час}}$ полиэтиленгликоля, необходимо было изменить подающие трубопроводы с форсунками. В данный

момент установлены четыре форсунки с пропускной способностью $4 \frac{\text{литр}}{\text{мин}}$ каждая, что позволяет нам подавать $960 \frac{\text{литр}}{\text{час}}$ полиэтиленгликоля.[4]

Нагретый и набравший влагу воздух после зоны испарения попадает в зону конденсации, представляющую из себя закрытую герметичное помещение, в котором установлены два кондиционера марки «AUX» ALMD-H18/4R1 и осушитель воздуха марки «DanVex» DEN-1900i.

Осушитель воздуха подбирался в соответствии с тем, что в сутки необходимо осушать примерно 3000 литров полиэтиленгликоля, который может содержать до 5-6% влаги. Следовательно, в воздухе может находиться до 180 литров воды.

Полученные результаты с использованием системы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты, полученные с помощью данной системы

Время	T1 поли-этиленгликоль вход, °C	T2 поли-этиленгликоль выход, °C	T3 нагревателя, °C	T4 t изм. образца, °C	Электропроводимость, мкСм	Влагосодержание, %
15:00	55	43	60	21,1	16,2	6,62
15:10	60	45	65	21,1	15,5	6
15:40	65	45	70	21,1	13,9	4,5
16:15	65	47	70	21,1	12,9	3,57
16:30	65	43	70	21,1	12,3	3
16:40	65	45	75	21,1	11,7	2,5
17:00	67	50	77	21,1	11,2	2

17:30	70	51	80	21,1	10,9	1,74
-------	----	----	----	------	------	------

На рисунке 4 показана зависимость влагосодержания полиэтиленгликоля от времени сушки

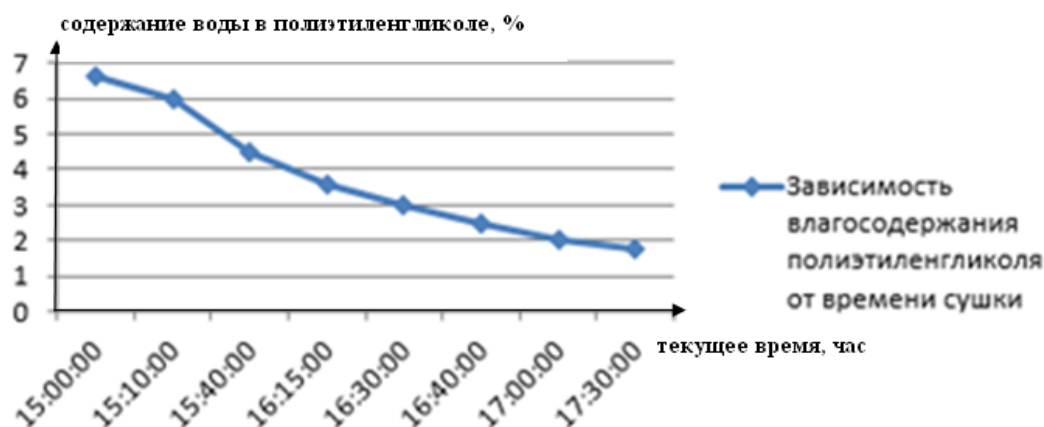


Рисунок 4. Зависимость влагосодержания полиэтилен. от времени сушки

На основании вышеизложенного, для процесса сушки полиэтилен гликоля можно предложить следующие рекомендации:

1) Повысить температуру полиэтиленгликоля в зоне испарения установки на основе градирни, при этом:

- повысить мощность нагревателя до 30 кВт;
- заменить теплоноситель в системе нагревателя с воды на полиэтиленгликоль;
- заменить материал зоны испарителя на термостойкий и коррозионностойкий;
- заменить материал трубопровода с полипропилена на металл.

2) Увеличить площадь испарения, при этом:

- заменить форсунки с углом распыла 90 градусов на форсунки 120 градусов;
- добавить 20 слоев нержавеющей металлической сетки (от 0,5мм до 2мм).

3) Для увеличения потока воздуха над поверхностью вещества:

- усовершенствовать систему каплеуловителей.

4) Проведение мониторинга системы:

- купить и установить датчики температуры и влажности (на входе в градирню и на выходе);

— вывести результаты измерений на компьютер (для удобства мониторинга).

5) Провести конструктивные доработки:

— стены холодной зоны установки на основе градирни выполнены из фанеры. Так как это дерево, оно имеет свойства впитывать влагу. Необходимо заменить фанеру на поликарбонат.

Список литературы

1. International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) 2016 Results.
2. Васильев В.Н. Технология сушки. Основы тепло- и массопереноса: учебник для вузов/ В.Н. Васильев, В.Е. Куцакова, С.В. Фролов. – СПб.: ГРИОРД, 2013. – 224 с.:
3. Каракеян В.И., Кольцов В.Б. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Часть 2: Процессы и аппараты защиты гидросферы и переработка твердых отходов: учеб. пособие. – М.: МИЭТ, 2014. - 320 с.:
4. О.Р. Переселков, О.В. Круглякова. Расчет вентиляторных градирен: методические указания для курсового и дипломного проектирования. Харьков: НТУ ХПИ, 2016. -56 с.