

**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); проволочная резка с использованием абразивной суспензии (85% мирового производства)[1].

В настоящее время с учетом роста объемов производства всталас 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.

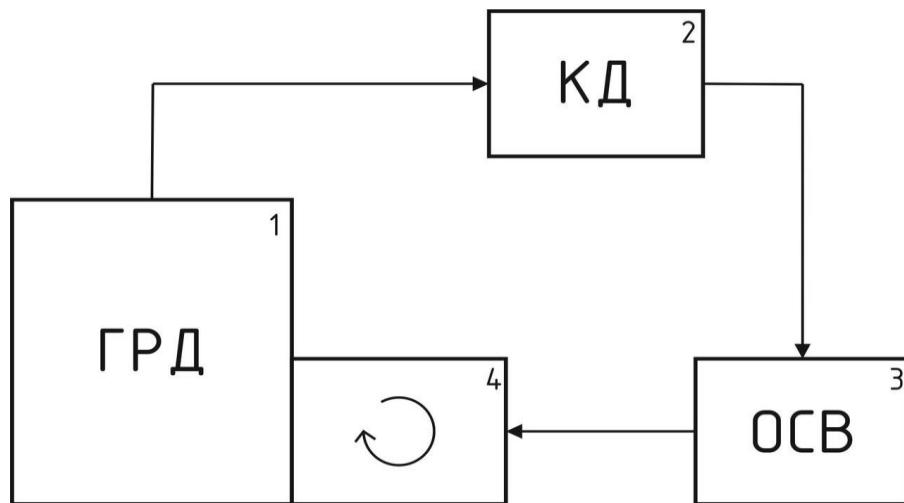


Рисунок 1. Первый контур: 1- ГРД- градирня; 2- КД- кондиционер дозовщик; 3- ОСВ- осушитель воздуха; 4- Вентилятор ГРД.

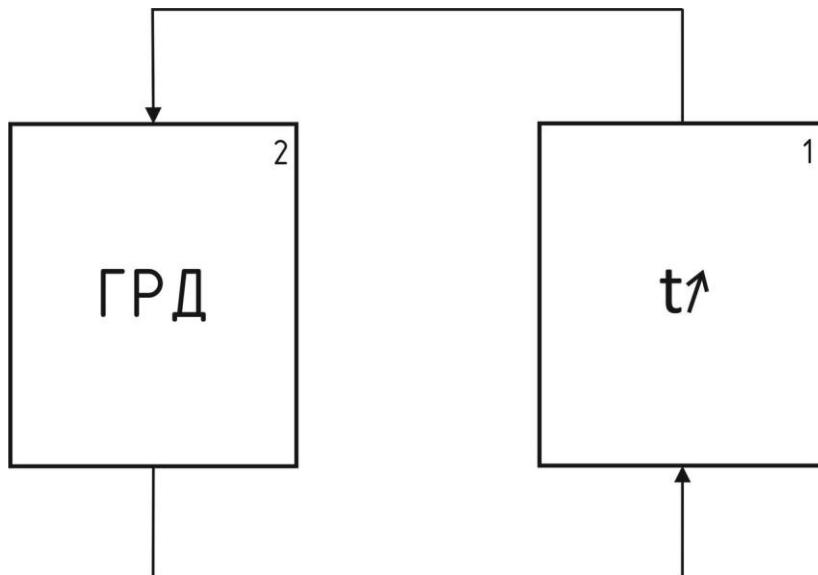


Рисунок 2. Второй контур: 1-  $t \uparrow$ - нагреватель; 2- ГРД- градирня.

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 осушеным 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  $12 \frac{m^3}{час}$ . Прилагающиеся к ней форсунки, так же рассчитаны на расход  $12 \frac{m^3}{час}$ . Так как задачей было осушать  $500-1000 \frac{литр}{час}$  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	Электро-проводимость, 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

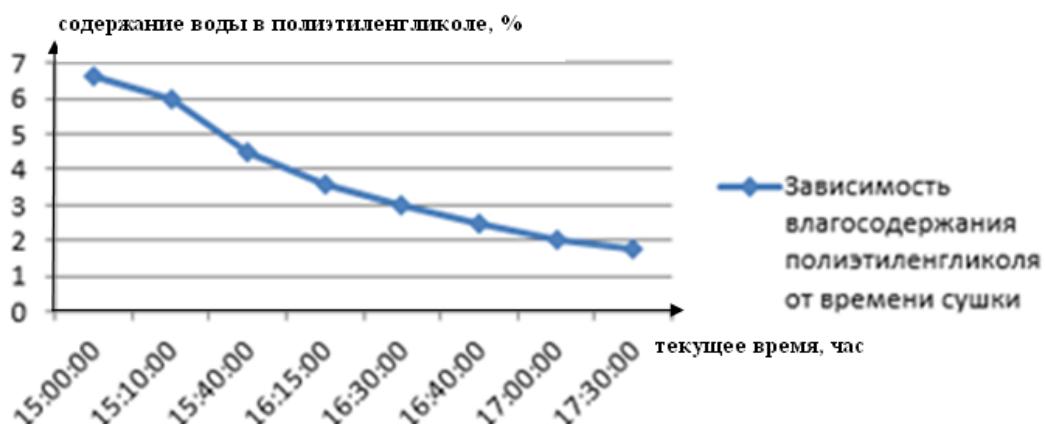


Рисунок 4. Зависимость влагосодержания полиэтилен. от времени сушки

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.