

В. В. ПОПОВ, студент гр 5ВМ61 (НИ ТПУ)

Научный руководитель: А. И. АРТАМОНЦЕВ, к.т.н., доцент (НИ ТПУ)
г. Томск

ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ПРИМЕСЕЙ В ПЕРЕГРЕТОМ ПАРЕ КОТЛА БКЗ 690-13,8 (Еп-690-13,8-540 КТ)

Цель:

Изучение влияния теплофизических параметров пара (давление), а также водородного показателя рН на растворимость примесей в перегретом паре.

При заданной постоянной температуре перегретого пара, изменяя давление пара с заданным шагом, получить табличную и графическую зависимости влияния давления на растворимость примеси в перегретом паре.

1. Основы теории

Таблица 1.1 – исходные данные

| Примесь 1 | Примесь 2 | Температура/ давление |
|-----------|------------------|----------------------------------|
| NaCl | CuO (при рН=9,5) | 540 °C/ 9-14 МПа с шагом 0,5 МПа |

Продукты коррозии меди содержатся в воде и в паре в виде гидратированных форм CuO и Cu₂O. При дозировке водного раствора аммиака в питательный тракт растворимость в перегретом паре двухвалентной меди, будет зависеть от рН. Её величину можно определить из уравнения: [1]

$$\lg C_{CuO} = 4.72 \cdot \lg \frac{p_n}{1000} - \left(\frac{25600}{4.57 \cdot T} \right) + 5.01$$

Аналогичные уравнения по экспериментальным данным были получены для хлористого натрия: [1]

$$\lg C_{NaCl} = 3.66 \cdot \lg \frac{p_n}{1000} - \left(\frac{9600}{4.57 \cdot T} \right) + 3.87$$

Для определения удельного объема будем пользоваться таблицами воды и водяного пара [2].

Для получения размерности мг/кг воспользуемся периодической системой химических элементов Д. И. Менделеева:

Молярная масса NaCl=58,5 г/моль;

Молярная масса CuO =79,5 г/моль.

Все дальнейшие расчеты были проведены с помощью следующих прикладных программ: Microsoft Office Excel 2010.

2 Влияние давления на растворимость примеси в перегретом паре

Таблица 2.1 – примесь NaCl

| P, МПа | T, °C | lg($S_{\text{п}}$), моль/кг | $S_{\text{п}}$, моль/кг | $S_{\text{п}}$, мг/кг | v , м ³ /кг | ρ , кг/м ³ |
|--------|-------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 9 | 540 | -4,206 | 0,00006 | 3,636 | 0,032 | 31,570 |
| 9,5 | 540 | -4,130 | 0,00007 | 4,337 | 0,030 | 33,127 |
| 10 | 540 | -4,056 | 0,00009 | 5,138 | 0,029 | 34,696 |
| 10,5 | 540 | -3,986 | 0,00010 | 6,048 | 0,028 | 36,278 |
| 11 | 540 | -3,917 | 0,00012 | 7,078 | 0,026 | 37,871 |
| 11,5 | 540 | -3,851 | 0,00014 | 8,241 | 0,025 | 39,478 |
| 12 | 540 | -3,787 | 0,00016 | 9,547 | 0,024 | 41,097 |
| 12,5 | 540 | -3,725 | 0,00019 | 11,010 | 0,023 | 42,730 |
| 13 | 540 | -3,665 | 0,00022 | 12,643 | 0,023 | 44,375 |
| 13,5 | 540 | -3,607 | 0,00025 | 14,461 | 0,022 | 46,034 |
| 14 | 540 | -3,550 | 0,00028 | 16,480 | 0,021 | 47,707 |

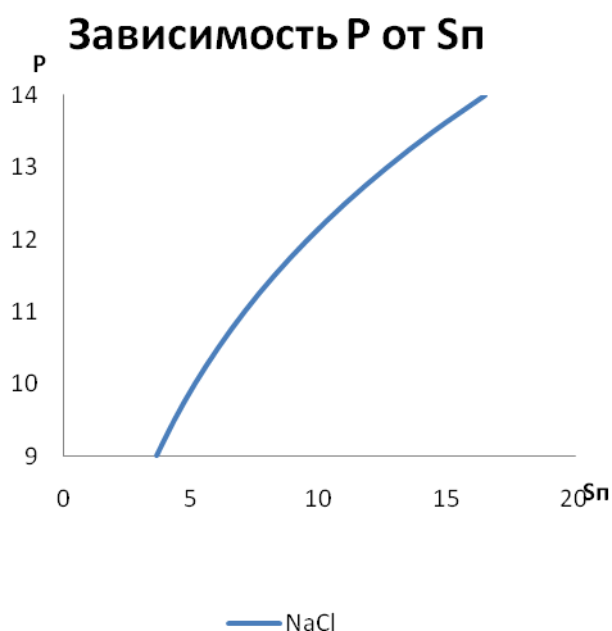


Рисунок 2.1 – графическая зависимость давления и растворимости

Таблица 2.2 – примесь CuO

| P, МПа | T, °C | lg($S_{\text{п}}$), моль/кг | $S_{\text{п}}$, моль/кг | $S_{\text{п}}$, мг/кг | v , м ³ /кг | ρ , кг/м ³ |
|--------|-------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 9 | 540 | -8,964 | 0,000000001 | 0,00009 | 0,032 | 31,570 |
| 9,5 | 540 | -8,865 | 0,000000001 | 0,00011 | 0,030 | 33,127 |

Продолжение таблицы 2.2 – примесь CuO

| P, МПа | T, °C | lg(Sп), моль/кг | Sп, моль/кг | Sп, мг/кг | v, м3/кг | ρ, кг/м3 |
|-----------|----------|--------------------|----------------|--------------|-------------|-------------|
| 10 | 540 | -8,770 | 0,000000002 | 0,00013 | 0,029 | 34,696 |
| 10,5 | 540 | -8,679 | 0,000000002 | 0,00017 | 0,028 | 36,278 |
| 11 | 540 | -8,591 | 0,000000003 | 0,00020 | 0,026 | 37,871 |
| 11,5 | 540 | -8,505 | 0,000000003 | 0,00025 | 0,025 | 39,478 |
| 12 | 540 | -8,423 | 0,000000004 | 0,00030 | 0,024 | 41,097 |
| 12,5 | 540 | -8,343 | 0,000000005 | 0,00036 | 0,023 | 42,730 |
| 13 | 540 | -8,266 | 0,000000005 | 0,00043 | 0,023 | 44,375 |
| 13,5 | 540 | -8,190 | 0,000000006 | 0,00051 | 0,022 | 46,034 |
| 14 | 540 | -8,117 | 0,000000008 | 0,00061 | 0,021 | 47,707 |

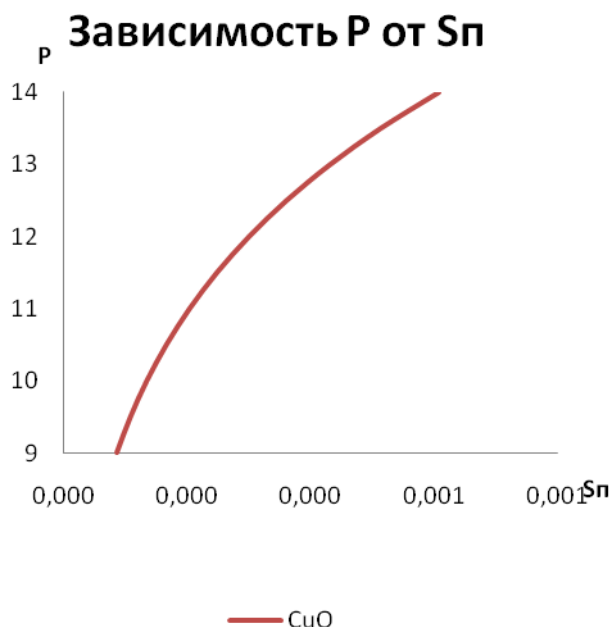


Рисунок 2.2 – графическая зависимость давления и растворимости

Вывод: как видно из графиков при данных параметрах пара (при увеличении давления) наибольший показатель растворимости показывает примесь NaCl (соль), CuO (оксид меди) растворяется в крайне малых количествах.

Список использованной литературы

1. Расчет водно-химических режимов теплоэнергетических установок/ под ред. А. П. Пильщикова. – М.: МЭИ, 1998. – 148 с.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод) - Издательство Спб - НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.