

шей в рамках первичного охлаждения определяются требуемые расходы воды на охлаждение МНЛЗ после выхода из валков.

Библиографический список

1. Современные технологии получения тонкого листа и полосы методами непрерывного литья / А.Н. Смирнов // Сб. тр. Междунар. научно-практич. конф. «50 лет непрерывной разливки стали в Украине» 3-4 ноября 2010. - Донецк: ДонНТУ, 2010. - С. 60-70.
2. Структура та властивості сплавів, швидко охолоджених з рідкого стану / Л.Н. Ларіков, С.Є. Кон-

дратюк, О.М. Стоянова // Металознавство та обробка металів. – 1996. - № 1-2. – С. 30-38.

3. Теплотехника ресурсоэнергосберегающей разливки стали / А.Б. Бирюков, В.В. Кравцов, Н.С. Масс. – Донецк: Ноулидж, 2010. – 206 с.

Поступила 27.05.2013

УДК 621.3.036:661.666.2

Яковлева И.Г. /д.т.н./, Назаренко И.А.
ЗГИА

Наука

Влияние внешнего подогрева пека на параметры работы системы циркуляционного нагрева

Исследовано влияние температуры пека на выходе из внешнего подогревателя на время нагрева и расход циркулирующего высокотемпературного пека. На основе разработанной комплексной математической модели установлен ряд важных закономерностей влияния данной температуры на время нагрева и на расход циркулирующего пека. Выявлено, что повышение температуры пека выше 200 °С нецелесообразно, поскольку не приведет к значительному сокращению указанных технологических параметров. Ил. 3. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: высокотемпературный пек, циркуляционный нагрев, внешний подогреватель, комплексная математическая модель

The effect of temperature on the output of the pitch external heater for heating time and the consumption of the circulating high pitch. On the basis of the developed complex mathematical model established a number of important patterns of influence of the temperature on the heating and consumption of the circulating pitch. Found that increasing the temperature of pitch above 200 °C are not recommended as not lead to a significant reduction of these process parameters.

Keywords: high- pitch, circulating heating, external heater, a comprehensive mathematical model

Введение

Одной из важнейших задач, поставленных наукой и практикой, является проблема повышения уровня конкурентоспособности отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках. Решение этих вопросов возможно за счет повышения ее качества и снижения себестоимости на основе повышения уровня энергоресурсосбережения.

Системы хранения и нагрева пека являются весомой составляющей в технологии производства графитовых электродов. Пек представляет собой сложную гетерогенную систему высоко конденсированных карбо- и гетероциклических соединений и продуктов их уплотнения [1]. Пек используют в качестве связующего вещества при производстве графитовых электродов, а также при получении анодной массы для электролизеров при производстве алюминия [2]. Для получения продукции высокого качества используют высокотем-

пературный пек, для однородности которого, по технологии, необходимо осуществлять равномерный нагрев при температуре не менее 185 °С. Не соблюдение температурного режима приведет к резкому ухудшению качества готовой продукции.

Система подогрева пека представляет собой сложный комплекс трубопроводов, оборудования и сооружений, потребляющих значительную часть энергетических ресурсов собственных нужд предприятия в процессе эксплуатации. Важным фактором, влияющим на эксплуатационные свойства электродов, является качество пека, которое зависит не только от технологии его получения, но и от режимов нагрева [3].

Технология циркуляционного нагрева является энергозатратной. Одним из способов снижения затрат энергии на нагрев и перекачку является регулирование температуры пека на выходе из внешнего подогревателя. Исследованию влияния данной темпера-

туры на время нагрева и на расход циркулирующего пека и посвящена настоящая работа.

Постановка задачи

При использовании приведенной в [4] комплексной методики расчета системы циркуляционного нагрева вязких жидкостей в резервуарах возникает необходимость определить режимные характеристики таких систем.

Для формулировки математической модели теплогидравлических процессов, происходящих в системе циркуляционного подогрева, рассматривается резервуар (рис. 1) с первоначальными массой пека в нем M_0 и температурой t_0 .

При расчете системы циркуляционного подогрева пека в резервуаре принимаются следующие условия, характеризующие процесс. Из резервуара отводится пек с расходом G_1 и температурой t_1 в линию циркуляционного подогрева. Часть этого пека с расходом G_2 подается к потребителю. Другая его часть $(G_1 - G_2)$ нагревается во внешнем циркуляционном теплообменнике.

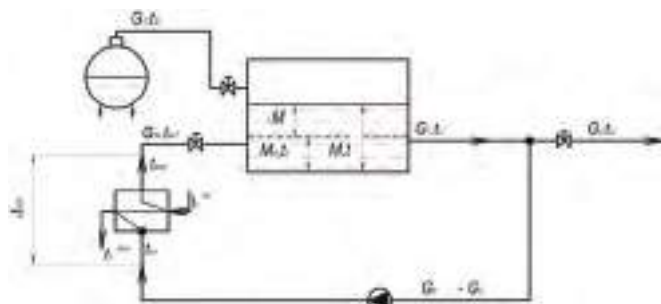


Рис. 1. Схема циркуляционного нагрева пека в резервуаре

В общем случае в резервуар также может подаваться пек с расходом G_3 , кг/с, и температурой t_3 , °C, от железнодорожных цистерн. Температура пека на выходе из подогревателя $t_{\text{вых}}$ (равная температуре $t_{\text{вх1}}$ его на входе в резервуар) является величиной переменной. При сравнительно большой тепловой мощности внешнего циркуляционного подогревателя реализуется случай, когда по мере подогрева пека в резервуаре температура его на входе в подогреватель $t_{\text{вх}} = t_1$ увеличивается, что приводит к повышению $t_{\text{вх1}} = t_{\text{вх}}$. При этом, как показали опытные данные З.И. Геллера [5], в первом приближении увеличение температуры пека в подогревателе можно считать постоянным: $\Delta t = t_{\text{вх}} = \text{const}$.

Представляет практический интерес решение следующей задачи: при заданных расходе и температуре пека, подводимого к резервуару от железнодорожных цистерн, G_3 , t_3 и заданном расходе пека G_2 , отводимого из резервуара на технологию, поддерживать в резервуаре температуру $t = \text{const}$. В этом случае необходимо определить расход G_1 в зависимости от температуры пека на выходе из внешнего подогревателя и время нагрева.

Результаты исследований

Данный случай соответствует большой тепловой мощности внешнего подогревателя циркуляционной системы. При этом будем полагать, что

$$\Delta t = t_{\text{вх1}} - t_{\text{вх}} = \text{const},$$

$$t_3 = \text{const}.$$

Ранее в [4] получено общее решение

$$t = \frac{(c_{\text{пек}} \cdot G_3 + k'' \cdot F) \cdot t_x - (Q_n + c_{\text{пек}} \cdot G_3 \cdot t_3 + k'' \cdot F \cdot t_{\text{o.c.}})}{c_{\text{пек}} \cdot G_3 + k'' \cdot F} M^{\frac{c_{\text{пек}} \cdot G_3 + k'' \cdot F}{c_{\text{пек}} \cdot (G_2 - G_3)}} \times \\ \times (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))^{\frac{c_{\text{пек}} \cdot G_3 + k'' \cdot F}{c_{\text{пек}} \cdot (G_2 - G_3)}} + \frac{Q_n + c_{\text{пек}} \cdot G_3 \cdot t_3 + k'' \cdot F \cdot t_{\text{o.c.}}}{c_{\text{пек}} \cdot G_3 + k'' \cdot F}. \quad (1)$$

где $Q_n = c_{\text{пек}} \cdot (G_2 - G_3) \cdot \Delta t$ - тепловая нагрузка подогревателя пека, Вт.

Для сокращения записи введем обозначения

$$A^* = c_{\text{пек}} \cdot G_3 + k'' \cdot F;$$

$$B^* = Q_n \cdot c_{\text{пек}} \cdot G_3 \cdot t_3 + k'' \cdot F \cdot t_{\text{o.c.}};$$

$$C^* = c_{\text{пек}} \cdot (G_2 - G_3).$$

Тогда

$$t = \frac{A^* t_x - B^*}{A^*} \cdot M^{-A^*/C^*} \cdot (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))^{A^*/C^*} + \frac{B^*}{A^*}. \quad (2)$$

Исходя из уравнения (2) условием постоянства температуры пека в резервуаре является

$$A \cdot t_x - B = 0.$$

тогда

$$t_x = \frac{B}{A} = \frac{c_{\text{пек}} \cdot (G_3 \cdot t_3 + (G_1 - G_2) \cdot t_{\text{вх1}}) + k'' \cdot F \cdot t_{\text{o.c.}}}{c_{\text{пек}} \cdot (G_3 + G_1 - G_2) + k'' \cdot F}. \quad (3)$$

Преобразуем (3)

$$\begin{aligned} [c_{\text{пек}} \cdot (G_3 + G_1 - G_2) + k'' \cdot F] \cdot t_x &= c_{\text{пек}} \cdot (G_3 \cdot t_3 + (G_1 - G_2) \cdot t_{\text{вх1}}) + k'' \cdot F \cdot t_{\text{o.c.}}; \\ c_{\text{пек}} \cdot G_1 \cdot (t_{\text{вх1}} - t_x) &= c_{\text{пек}} \cdot (G_2 \cdot (t_{\text{вх1}} - t_x) - G_3 \cdot (t_3 - t_x)) + k'' \cdot F \cdot (t_x - t_{\text{o.c.}}); \\ G_1 \cdot t_{\text{вх1}} &= \frac{c_{\text{пек}} \cdot (G_2 \cdot (t_3 - t_x) - G_3 \cdot (t_3 - t_x)) + k'' \cdot F \cdot (t_x - t_{\text{o.c.}})}{c_{\text{пек}} \cdot (t_{\text{вх1}} - t_x)} = \\ &= G_2 + \frac{G_3 \cdot (t_{\text{вх1}} - t_x) + k'' \cdot F \cdot (t_x - t_{\text{o.c.}})}{c_{\text{пек}} \cdot (t_{\text{вх1}} - t_x)}. \end{aligned}$$

Зависимость расхода циркулирующего пека от температуры пека на выходе из внешнего подогревателя представлена на рис. 2.

Очевидно, что функция $G_1 = f(t_{\text{вх1}})$ убывающая, область определения этой функции имеет вид $t_x < t_{\text{вх1}} < \infty$.

Из графика видно, что увеличение $t_{\text{вх1}}$ позволит уменьшить расход циркулирующего пека G_1 необходимого для поддержания постоянной температуры. Асимптотой является значение, соответствующее расходу пека, отводимого на технологию: $G_1 = G_2$.

Влияние температуры пека на выходе из внешнего подогревателя на время нагрева представлено на рис. 3.

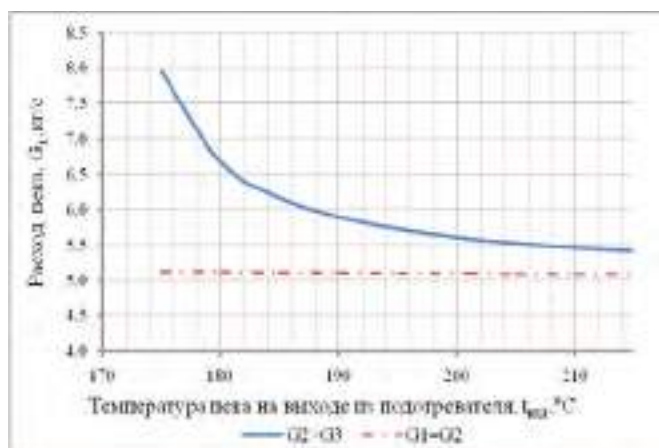


Рис. 2. Зависимость расхода циркулирующего пека от температуры на выходе из подогревателя

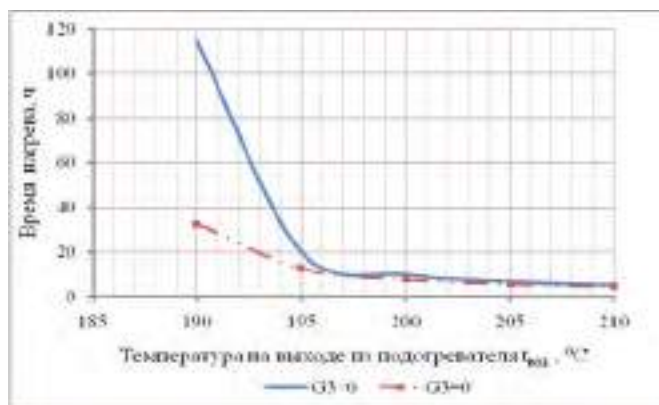


Рис. 3. Влияние температуры пека на выходе из внешнего подогревателя на время нагрева

Очевидно, что функция $G_1 = f(t_{exl})$ убывающая, область определения этой функции имеет вид $t_x < t_{exl} < \infty$.

Из графика видно, что увеличение t_{exl} позволит уменьшить расход циркулирующего пека G_1 необходимого для поддержания постоянной температуры.

Асимптотой является значение, соответствующее расходу пека, отводимого на технологию: $G_1 = G_2$.

Выводы

Установлен ряд важных закономерностей влияния температуры пека на выходе из внешнего подогревателя на время нагрева и на расход циркулирующего пека. Так, увеличение температуры пека на выходе из внешнего подогревателя приводит к снижению расхода циркулирующего пека и к сокращению времени нагрева. Выявлено, что повышение температуры t_{exl} выше 200 °С при подогреве пека в резервуаре вместимостью 650 м³ нецелесообразно, поскольку не приведет к значительному сокращению данных технологических параметров

Библиографический список

1. Каменноугольный пек / В.Е. Привалов, М.А. Степаненко. – М.: Металлургия, 1981. – 207 с.
2. К проблеме получения высококачественных пеков / Д.Д. Русчев, Е.Е. Берякова // Кокс и химия. - 1993. - № 7. – С. 29-33.
3. Питюлин И.Н. Научно-технические основы создания каменноугольных углеродистых материалов для крупногабаритных электродов: Монография. – Харьков: ИПЦ «Контраст», 2004. – 480 с.
4. Назмеев Ю.Г. Теплоперенос и гидродинамика в системах хранения жидкого органического топлива и нефтепродуктов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2005. – 368 с.
5. Об эффективности циркуляционного подогрева мазута в резервуарах / З.И. Геллер, В.И. Ашихмин // Электрические станции. - 1966. - № 4. - С. 15-24.

Поступила 27.05.2013



Вниманию авторов и читателей!

ООО «Укрметаллургинформ «НТА» проведена большая работа по созданию архива электронной версии журнала «Металлургическая и горнорудная промышленность» за период с 2004 г. по текущий номер. Информировем о появившейся возможности осуществления подписки на архив электронной версии журнала.

Напоминаем о возможности оформления подписки через редакцию, начиная с любого ранее вышедшего номера.

Сотрудничество с ООО «Укрметаллургинформ «НТА»
создает надежный информационный фундамент Ваших достижений.