

Анализ этих результатов убедительно подтверждает преимущества новой технологии пуска теплофикационных паротурбинных установок (ТПТУ). Отметим также простоту автоматизации режимов турбины, пускаемой по новой технологии.

Оценка технико-экономических результатов внедрения новой технологии пуска теплофикационных паротурбинных установок дала следующие результаты: общее сокращение времени пуска турбоустановки составило примерно 30 %, экономия топлива — около 0,15 т у. т. на 1 пуско/МВт мощности машины, экономия моторесурса пускаемой машины — до 45...55 %.

Функциональные возможности новой технологии позволяют применить ее и для расхолаживания турбин [2]. При этом последовательность операций — обратная пуску. Отработка режимов расхолаживания потребует проведения комплекса наладочных работ, основу которых составят приведенные выше результаты применения пусковой технологии, полученные на натуральных турбинах белорусских ТЭЦ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанович В. К. Совершенствование схем и режимов работы теплофикационных паротурбинных установок. — Мн.: ПолиБиг, 2000. — 188 с.
2. А. с. 1543102 (СССР). М.кл³ F.01K 13/02/. Способ пуска турбин с противодействием / Э. И. Кульков, В. К. Балабанович, А. М. Тарашук. № 4275427/24-06 // Бюл. изобр. — 1990. — № 6. — С. 147.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 30.05.2000

УДК 621.1.0.18

КАЧЕСТВЕННОЕ СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГОРЯЧЕГО И ХОЛОДНОГО ПОСАДА ЗАГОТОВОК В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ С МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ПОДОМ

Инж. КАСНЕРИК Е. Н.

Белорусская государственная политехническая академия

В настоящее время применяются два основных способа обработки блюмов перед прокаткой после их разливки на МНЛЗ: холодным и горячим посадом. В первом случае блюм имеет температуру посада около 20 °С, во втором — 600...800 °С. Промежуточные значения температуры определяют процесс, называемый теплым посадом.

Целью настоящей работы является сравнение различных посадов с точки зрения экономичного расходования энергетических ресурсов и улучшения качества выпускаемой продукции. В работе выбран конкретный объект исследования, предложены критерии сравнительной оценки разных способов посада металлических блюмов в печь, приведены ре-

зультаты сравнения посадок, полученные методом численного эксперимента.

Объектом исследования выбрана печь стана 850 БМЗ. За критерий качества принимались: максимальная величина термических напряжений в блюме, равномерность нагрева в момент выдачи блюмов из печи, величина образовавшейся окалины.

Математическая модель нагрева блюмов по [1] может быть представлена двумерным уравнением теплопроводности

$$\rho(T)C(T) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right], \quad (1)$$

$$0 \leq x \leq R_1, \quad 0 \leq y \leq R_2, \quad 0 \leq t \leq t_k;$$

начальным условием, определяющим температурное поле в сечении блюма в момент посадки в печь:

$$T(x, y, 0) = f(x, y); \quad (2)$$

граничными условиями, задающими условия теплопередачи на границе «блюм – атмосфера печи»:

$$\lambda(T) \frac{\partial T(R_1, y, t)}{\partial x} = \alpha(T_{\text{пч}} - T(R_1, y, t)) + \frac{\sigma}{10^8} (T_{\text{пч}}^4 - T^4(R_1, y, t)), \quad (3)$$

$$\frac{\partial T(0, y, t)}{\partial x} = 0;$$

$$\lambda(T) \frac{\partial T(x, R_2, t)}{\partial y} = \alpha(T_{\text{пч}} - T(x, R_2, t)) + \frac{\sigma}{10^8} (T_{\text{пч}}^4 - T^4(x, R_2, t)), \quad (4)$$

$$\frac{\partial T(x, 0, t)}{\partial y} = 0.$$

В принятой модели предполагаются известными все зависимости теплофизических параметров от температуры. Параметр σ , определяющийся индивидуально для каждой печи, принимался равным 1,58 на основании эксперимента, проведенного на аналогичном оборудовании [2].

Скорость прохождения слитков через печь характеризуется производительностью печи (для стана 850 она равна 40–100 т/ч). Длина каждой зоны фиксирована и определяется геометрическими параметрами печи. Таким образом, реально влиять на процесс нагрева при заданной производительности печи можно, изменяя температуру греющей среды в сварочных зонах. В процессе нагрева нужно учесть влияние растягивающих напряжений в металле, вызванных неравномерностью нагрева, обусловленной конечной скоростью передачи теплоты от поверхности слитка к его центру. Кроме того, выбор температурного режима влияет на величины образующейся окалины и обезуглероженного слоя.

Оценивая технологии посадок различной степени «теплоты», можно заметить, что параметр $\frac{\lambda(T)}{\rho(T)C(T)}$ с ростом температуры T увеличивается

(по справочным материалам). Такое поведение вполне обосновано в силу растущей скорости движения частиц вещества при повышении температуры. Из этого следует, что чем «теплее» посад, тем лучшая равномерность прогрева будет достигнута в каждый момент нахождения слитка в печи и, следовательно, тем меньше опасность его деформации. С другой стороны, в [1] показано, что даже режим форсированного нагрева слитка не приводит к разрушающим напряжениям в металле; однако данный факт не входит в противоречие с утверждением о предпочтительности технологии горячего посада, так как последняя оказывает меньше отрицательных воздействий на нагреваемый слиток.

При нагреве слитка холодным посадом необходимо затратить дополнительно энергию на его прогрев до температуры, соответствующей холодному посад, что не отвечает требованиям ресурсосбережения. В то же время при холодном посад накладываются меньшие требования на тепловую непрерывность процесса, т. е. после разливки слитки могут лежать неопределенное время, остывая до 20 °С. При технологии же горячего посада нужно обеспечить либо немедленную подачу слитка в печь стана 850, либо эффективную его теплоизоляцию для предотвращения остывания. В связи с ограниченной производительностью стана 850 применяется второй подход, при котором узким местом становится емкость входного термостата. Очевидно, что рациональным планированием процесса работы стана 850 можно достичь эффективной работы, как показано в [1].

Для оценки равномерности нагрева слитка к моменту выдачи бьюма из печи по математической модели (1)–(4) был проведен численный эксперимент, показавший, что с увеличением температуры посада слитка в печь в конечный момент времени удается получить более равномерное распределение температур в сечении.

Математическая модель эксперимента включала в себя уравнения (1)–(4) и критерий качества функционирования системы

$$(T_{\text{ц}} - T_{\text{к}})^2 + (T_{\text{р}} - T_{\text{к}})^2 \rightarrow \min, \quad t=t_{\text{к}} \quad (5)$$

где $T_{\text{ц}}$ – температура центра бьюма в момент времени t ; $T_{\text{р}}$ – температура ребра бьюма в момент времени t ; $T_{\text{к}}$ – требуемая температура в конечный момент времени.

Управлением в модели являлись температуры двух сварочных зон, подбор которых осуществлялся таким образом, чтобы распределение температур по сечению слитка в конечный момент времени было как можно более близким к требуемому значению (в проведенной серии экспериментов – 1200 °С). Ограничение на управление не вводилось, в том числе и с целью показать величину управления на холодном посад, необходимую для получения результатов, аналогичных горячему посад. На представленных иллюстрациях видно, что при горячем посад максимальный перепад температур в ходе нагрева существенно ниже, чем при холодном, проводимом на печи той же производительности.

Кроме того, это означает, что процесс можно провести за более короткое время. При этом представляет практический интерес оценка рас-

хода топлива на процесс при нормальной и сокращенной продолжительности процесса. Чтобы продемонстрировать преимущества технологии горячего посада, приведены данные численного эксперимента, выполненного в условиях высокой производительности печи (продолжительность процесса – 1,5 часа). Полученные результаты показывают, что при горячем посаде максимальный нагрев металла и разброс температур ребра и центра остаются в пределах допустимых значений; в то время как при холодном наблюдается переход металла через точку ликвидуса, т. е. процесс приводит к разрушению бляма.

На качественном уровне можно сделать предположение, что расход топлива также будет сокращен за счет меньшей работы печи в холостом режиме (неизбежные потери на теплообмен с окружающей средой). В [3] описана следующая методика определения расхода топлива в печах непрерывного действия:

$$\begin{aligned} \frac{dT_{\text{пч}}(t)}{dt} = & A_1 B(t) - A_2 (T_{\text{пч}}(t) - T_{\text{окр}}) - A_3 T_{\text{пч}}^4(t) - \\ & - A_4 \left(\int_0^{R_2} [\alpha(T_{\text{пч}}(t) - T(R_1, y, t)) + \sigma(T_{\text{пч}}^4(t) - T^4(R_1, y, t))] dy + \right. \\ & \left. + \int_0^{R_1} [\alpha(T_{\text{пч}}(t) - T(x, R_2, t)) + \sigma(T_{\text{пч}}^4(t) - T^4(x, R_2, t))] dx, \right. \end{aligned} \quad (6)$$

где A_1, A_2, A_3, A_4 – коэффициенты, характеризующие динамику нагрева; $T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, К; $B(t)$ – расход топлива в момент времени t , м³/с.

Из (6) видно, что при горячем посаде за счет меньшей продолжительности процесса нагрева может быть достигнута экономия энергии, величина которой определяется параметрами A_2 и A_3 , характеризующими холостой ход печи.

Для определения экономического эффекта по окалинообразованию и обезуглероживанию потребуется рассчитать, какой из двух факторов будет оказывать большее влияние: усиление отрицательных явлений в силу более высокой температуры процесса или их уменьшение, вызванное ростом (сокращением) времени воздействия высоких температур.

Хотя по этим показателям результат и может оказаться хуже по сравнению с холодным и теплым посадами, нужно учитывать, что изменением параметров состава атмосферы в печи можно достичь снижения отрицательных воздействий, как это показано в [1].

На рис. 1–3, построенных по результатам численных экспериментов, видно, что при горячем посаде получен меньший разброс температур по сечению слитка; оптимальные температуры сварочных зон имеют меньшие значения, что позволяет экономить энергетические ресурсы; кроме того, технология горячего посада допускает нагрев слитка за меньшее время. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что температурные кривые при горячем посаде более гладкие. Это составляет резерв для изменения температурного режима в допустимом диапазоне при необходимости учета дополнительных критериев качества производимого металла.

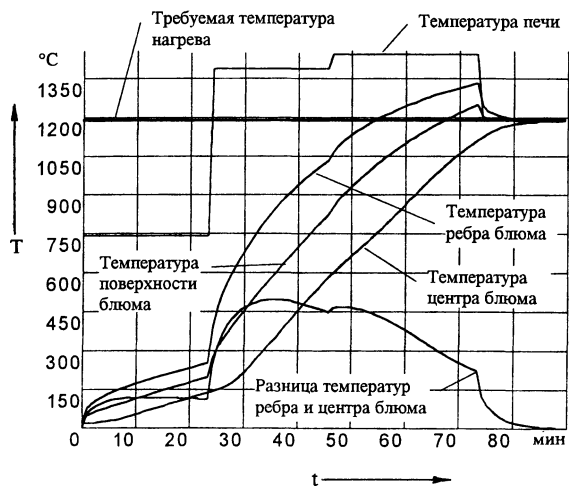


Рис. 1. Нагрев в режиме холодного посада (продолжительность процесса – 90 мин)

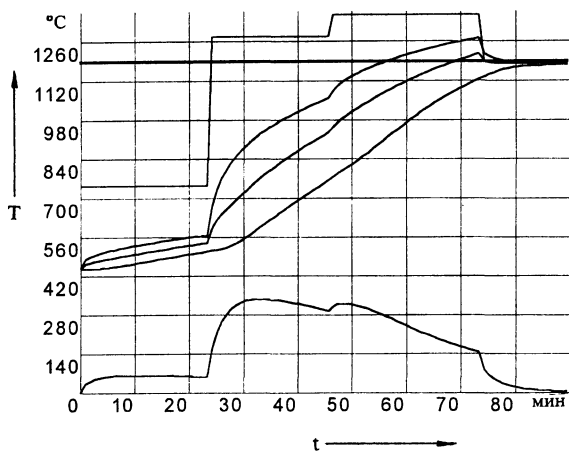


Рис. 2. Нагрев в режиме теплого посада (продолжительность процесса – 90 мин)

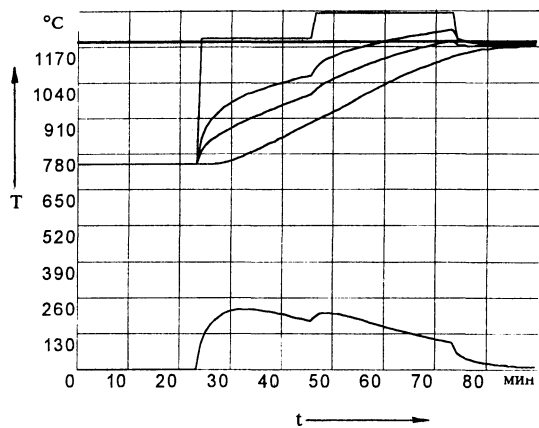


Рис. 3. Нагрев в режиме горячего посада (продолжительность процесса – 90 мин)

ЛИТЕРАТУРА

1. Теплотехнология металлургических мини-заводов / В. И. Тимошпольский, А. Б. Стеблов, В. Б. Ковалевский и др. — Мн., 1992.
2. Тепловые и теплодеформационные процессы при форсированном нагреве стали / Ю. А. Малевич, В. Н. Папкович, П. В. Севастьянов и др. // ИФЖ. — 1990. — Т. 58, № 3. — С. 402–405.
3. Ковалевский В. Б. и др. Определение расхода топлива на основе теплового баланса для печей непрерывного действия // ИФЖ. — 1996. — Т. 69, № 2. — С. 285–290.

Представлена кафедрой
ПОВТ и АС

Поступила 24.01.2000

УДК 536.244+621.032

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ДЕСОРБЦИИ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРЕВЕ МИКРОСФЕРИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЫ ЦЕОЛИТА

Докт. техн. наук, проф. **НЕСЕНЧУК А. П.**,
канд. техн. наук, проф. **КОПКО В. М.**,
инженеры **ШКЛОВЧИК Д. И.**, **РЫЖОВА Т. В.**, **АЙДАРОВА З. Б.**

Белорусская государственная политехническая академия

Исходным физическим представлением десорбции был процесс диффузии адсорбата в зерне адсорбента из центра на внешнюю поверхность. В эксперименте измерялась степень десорбции. Варьируемыми параметрами являлись: температура греющей стенки; начальная адсорбция цеолитом диоксида углерода и время теплового импульса.

Основное содержание эксперимента заключалось в том, что каждое из зерен цеолита с фиксированной величиной начальной адсорбции a_0 помещалось в атмосферу аргона с нулевым парциальным давлением CO_2 и, кроме того, получало тепловой импульс фиксированной длительности. Эти два фактора определяли степень десорбции CO_2 из зерен цеолита MgA — БС (ИГ-931).

Общая схема экспериментальной установки изображена на рис. 1 и 2. Зерна цеолита определенной степени насыщения CO_2 засыпались в бункер 1. Через кран 2 они попадали в камеру 3. После того как весь цеолит оказывался в ней, из баллона 4 в установку подавался аргон, который, как известно, практически поглощается цеолитом. При этом кран открыт настолько, чтобы камера непрерывно продувалась аргоном и там создавался псевдооживленный слой сорбента, а зерна цеолита всасывались в патрубок-канал 10. Прохождение частицы в нем фиксируется фототранзистором 20, на который подается пучок света от лазера 16 через оптическую систему 17, 18 и 19. Из канала 10 частица попадает в латунный канал 5, обогреваемый от источника постоянного тока 14 (Б5-7). Температура канала регулируется. Контроль осуществляется