

УДК 621.78

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПРОГРЕВА КОНТРОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ МАССИВНОЙ ШТАНГИ ПРИ НАГРЕВЕ В КАМЕРНОЙ ПЕЧИ КУЗНЕЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Докт. техн. наук, проф. НЕСЕНЧУК А. П., канд. техн. наук, доц. КОПКО В. М.,  
инженеры АЙДАРОВА З. Б., ФОМЕНКО О. Г., РЫЖОВА Т. В.

*Белорусский национальный технический университет*

Конечная неравномерность прогрева контрольного сечения заготовки оказывает существенное влияние на величину энергозатрат и валовой выброс в атмосферу  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}$ .

Задача такого класса сводится к установлению температурного поля в сечении штанги при ее нагреве. При этом температурой операции  $T_{\text{опер}}$  задаются в соответствии с конкретной маркой нагреваемой стали. При нагреве стали под штамповку, ковку, прокатку конечная неравномерность прогрева перед горячим формообразованием строго регламентируется. Отклонения от регламента всегда приводят к ущербу. Так, при недостаточной длительности нагрева сталей появляется технологический брак, а при неоправданно длительном пребывании садки в технологической зоне может наступить ее перегрев, и всегда – повышенный удельный расход топлива, который не укладывается в отраслевые нормы (соответствующие данной теплотехнологии получения поковок). В нашем случае нагреву подвергаются штанги диаметром 0,1 и 0,2 м из стали 20 перед последующими формообразованием, цементацией и поверхностной закалкой.

Конечная неравномерность прогрева  $\Delta T_{\text{кон}}$  может быть представлена

$$\Delta T_{\text{кон}} = T_{\text{м.кон}}^{\text{п}} - T_{\text{м.кон}}^{\text{ц}} \quad (1)$$

Значения  $T_{\text{м.кон}}^{\text{п}}$  и  $T_{\text{м.кон}}^{\text{ц}}$ , входящие в (1), находятся в соответствии с выражением подобия (достаточно грубое приближение):

$$\left( \frac{\vartheta_{\tau}}{\vartheta_0} \right)_{\text{м.т.кон}}^{\text{ц}} = F_1(\text{Bi}; \text{Fo})$$

и

$$\left( \frac{\vartheta_\tau}{\vartheta_0} \right)_{\text{м.т.кон}}^{\text{п}} = F_2(\text{Bi}; \text{Fo}) \text{ с использованием номограмм.}$$

Для получения реальной картины температурного поля записывают физическую модель нагрева:

$$\frac{\partial T(r, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T(r, \tau)}{\partial r}; \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \tau > 0; \quad 0 < r < R; \\ T(r, 0) = T_0 = \text{const}; \\ \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial r} = 0; \\ T(0, \tau) \neq \infty; \\ -\frac{\partial T(R, \tau)}{\partial r} + \frac{\alpha_{\text{эф}}}{\lambda(T)} [T_0 + b\tau - T(R, \tau)] = 0; \\ \alpha_{\text{эф}} = \sigma [(T_0 + b\tau)^4 - (T_{\text{мт}_1}^{\text{п}})^4] + \alpha_{\text{к}} [(T_0 + b\tau) - T_{\text{м}}^{\text{п}}]. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решение (2) и (3) представляем в виде

$$\frac{T(r, \tau) - T_0}{T_0} = \text{Pd} \left\{ F_0 - \frac{1}{4} \left[ \left( 1 + \frac{2}{\text{Bi}} - \frac{r^2}{R^2} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{\mu_n^2} I_0(\mu_n \frac{r}{R}) \exp(-\mu_n^2 F_0) \right] \right\}, \quad (4)$$

где критерий Предводителя

$$\text{Pd} = \frac{bR^2}{aT_0}.$$

Распределение температуры дыма в камерной печи (временное регулирование) представлено рис. 1

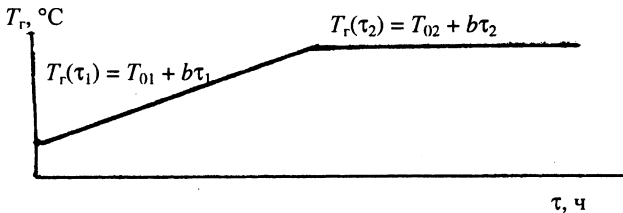


Рис. 1. Условное распределение температуры дыма (газов) в камерной печи

Установив температурное поле заготовки рис. 2 и 3 соответственно для заготовок  $\varnothing 100$  мм ( $x = 0,1$  м) и  $\varnothing 200$  мм ( $x = 0,2$  м), а также  $T(r, 0) = 20$  °С;  $\alpha_{\text{эф}} = 232$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) и учитывая, что

$$\Delta T_{\text{кон}0,1} = 10 \text{ °С} \text{ и } \Delta T_{\text{кон}0,2} = 20 \text{ °С,}$$

можно, используя графики рис. 2 и 3 ( $\frac{X}{x} = 1$  и  $\frac{X}{x} = 0$ ), определить  $\tau_{\Delta T_{\text{кон } 0,1}}$  и  $\tau_{\Delta T_{\text{кон } 0,2}}$  (рис. 4).

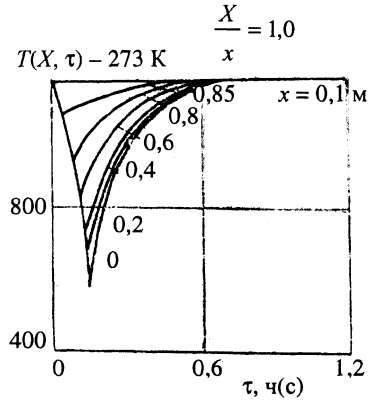


Рис. 2. Графики зависимости  $T(r, \tau)$  для цилиндрической заготовки диаметром 0,1 м (расчет по (3))

По этому времени ( $\tau_2 = \tau_{\Delta T} = \Delta T_{\text{доп}} = 0,72$  ч, рис. 2) рассчитывается норма расхода топлива на процесс нагрева до температуры  $T_{\text{опер.ст.20}}$ . Адекватность распределения температуры определялась по данным эксперимента\*. Установление достоверности расчета можно осуществить по тестовому расчету с использованием (4).

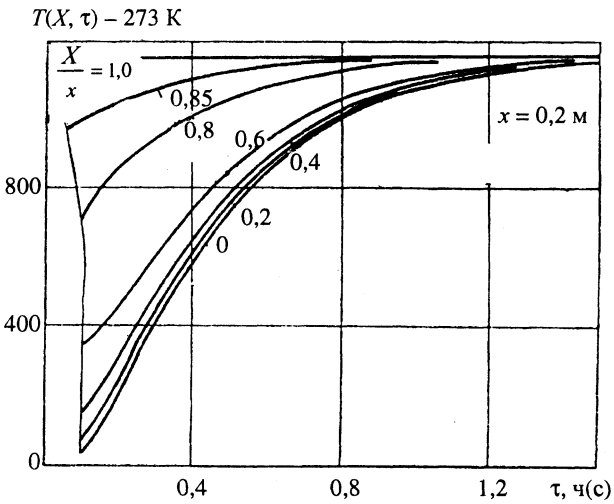


Рис. 3. Графики зависимости  $T(r, \tau)$  для цилиндрической заготовки диаметром 0,2 м (расчет по (3))

\*Эксперимент выполнялся на МТЗ им. Ленина (РУП «МТЗ им. Ленина») в феврале 1972 г. при участии кандидата технических наук М. А. Габриэля.

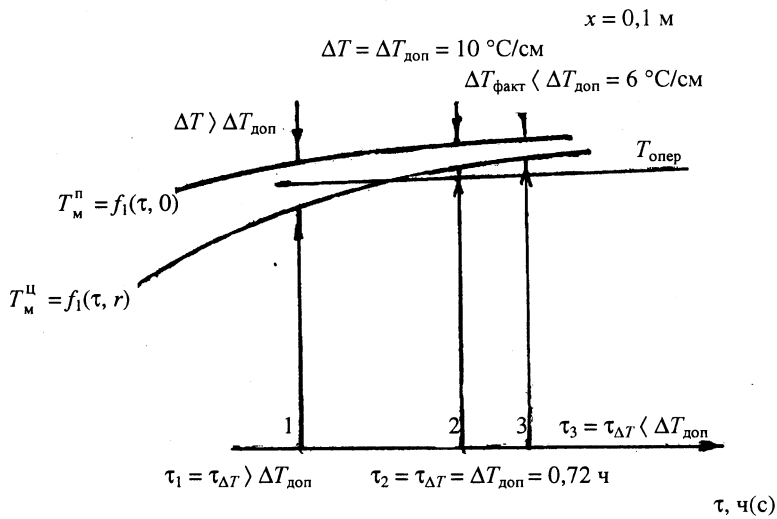


Рис. 4. К выбору  $\Delta T_{\text{доп}}$  в цилиндрической заготовке диаметром 0,1 м

Выполненный анализ позволил установить, что расчетная конечная неравномерность прогрева контрольного сечения составляет 0,72 и 1,42 ч, фактическая же – 0,83 и 1,52 ч соответственно, что указывает на возможность снижения расхода топлива на нагрев заготовок.

Представлена кафедрой  
ПТЭ и ТТ

Поступила 1.07.2002

УДК 62 – 503.5

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ РАБОТОЙ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Канд. техн. наук ЯНИЦКИЙ В. А.

*Научно-исследовательское и проектное республиканское унитарное предприятие  
«БЕЛТЭИ»*

Создание автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) – один из эффективных способов повышения тепловой экономичности и надежности работы оборудования ТЭС. Современный уровень развития программных и технических средств, используемых в АСУ ТП, позволяет автоматизировать выполнение функций, которые вызывают трудности у вахтенного персонала (управление при резкопеременных режимах или быстро развивающихся нарушениях работы оборудова-