



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра «Технологии формообразования и художественная
обработка материалов»**

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ

контрольной работы по дисциплине

«Нагрев и нагревательные устройства»

на тему: «Расчёт и конструирование нагревательного устройства
для нагрева заготовок под горячую штамповку»

ЗАДАНИЕ
на контрольную работу по дисциплине «Нагрев и нагревательные
устройства»
на тему: «Расчёт и конструирование нагревательного устройства
для нагрева заготовок под горячую штамповку»

Исходные данные

1. Производительность печи $G = 120 \text{ кг/ч}$
2. Заготовка вид - *прокат*
Материал - *сталь 40*
Диаметр - $d = \text{Ø}50 \text{ мм}$
Длина - $l = 400 \text{ мм}$
3. Температура нагрева металла $t_m = 1250^\circ \text{C}$
4. Топливо (вид) - природный газ

Химический состав топлива:

$\text{CH}_4 = 85\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 1,1\%$; $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,8\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,6\%$; $\text{N}_2 = 12,5\%$.

Содержание

(вопросы, подлежащие рассмотрению)

Введение.....	
1. Выбор конструкции нагревательной печи.....	
2. Расчёт горения топлива	
3. Расчёт продолжительности нагрева металла.....	
4. Определения основных размеров рабочего пространства печи.....	
5. Выбор материалов для печи и определение ее габаритных размеров.....	
6. Составление теплового баланса печи.....	
7. Расчет дымового канала.....	
8. Определение основных показателей рабочей печи.....	
Список литературы.....	

Введение

Нагрев металла для горячей обработки давлением производится в печах или при помощи специальных электронагревательных устройств.

В зависимости от источника нагрева нагревательные печи делятся на пламенные и электрические. В пламенных печах тепло для нагрева металла образуется за счет сжигания топлива, а в электрических — при прохождении тока через нагревательные элементы сопротивления. Электронагревательные устройства отличаются от электрических печей тем, что они создают тепло непосредственно в самой нагреваемой заготовке.

Для нагрева металлов под обработку давлением наибольшее распространение получили пламенные печи, работающие на твердом, жидком или газообразном топливе. В зависимости от способа загрузки заготовок и характера распределения температур в рабочем пространстве они делятся на камерные (периодического действия) и методические (непрерывного действия). Разновидностью камерных печей являются нагревательные колодцы, используемые для одновременного нагрева нескольких крупных слитков, предназначенных для обработки на обжимных прокатных станах. Для подогрева воздуха и газообразного топлива теплом отходящих газов (продуктов горения) пламенные печи оборудуются регенераторами (подобно мартеновским печам) или рекуператорами. В отличие от регенераторов в рекуператорах (особых трубах) потоки отходящих газов и нагреваемого воздуха проходят непрерывно и каждый по своим каналам. Через стенки этих каналов (труб) и осуществляется теплообмен. Недостатки пламенных печей—обезуглероживание стали и высокий поверхностный угар металла. При необходимости изоляции нагреваемого металла от воздействия продуктов горения топлива вместо камерных применяют муфельные печи. Электрические печи сопротивления обеспечивают высокое качество нагрева и возможность точного регулирования температуры. Они применяются в основном для нагрева сплавов цветных металлов, имеющих невысокую по сравнению со сталью температуру, начала обработки давлением.

1. Выбор конструкции нагревательной печи

На основе исходных данных осуществляем выбор конструкции печи, обеспечивающей нормальную работу основного кузнечного оборудования. При этом, учитывая характер производства, способ изготовления поковок, вид топлива, способ отвода дымовых газов, а также вид и форму нагреваемых заготовок.

Конструируем камерную печь пламенного нагрева со стационарным подом для нагрева заготовок под горячую штамповку, отводом дымовых газов под зонт. На основе этого принимаем типовую печь из ННО-6.7.4/14.

2. Расчёт горения топлива

Расчёт горения топлива сводится к определению теплоты сгорания данного топлива; количества воздуха, необходимого для горения; количества продуктов горения (дымовых газов); калориметрической и действительной температуры в рабочем пространстве печи.

2.1. Определение теплоты сгорания газообразного топлива

Определяем теплоту сгорания газообразного топлива по формуле [с.7, 3]:

$$Q_n^p = 127CO + 108H_2 + 358CH_4 + 590C_2H_4 + 636C_2H_6 + 913C_3H_8 + 1158C_4H_{10} + \\ + 1465C_5H_{12} + 234H_2S \text{ (кДж/м}^3\text{)},$$

где CO , H_2 , C_2H_4 , ..., H_2S – элементарный состав топлива в процентах;

$$Q_n^p = 358CH_4 + 636C_2H_6 + 913C_3H_8 + 1158C_4H_{10} \text{ (кДж/м}^3\text{)};$$

$$Q_n^p = 358 \times 85 + 636 \times 1,1 + 913 \times 0,8 + 1158 \times 0,6 = 32554,8 \text{ (кДж/м}^3\text{)}.$$

2.2. Определение теоретического количества воздуха, необходимого для горения топлива

Определяем теоретическое количество воздуха, необходимого для горения топлива по формуле [с. 12, 3]:

$$L_m = 0,26 \cdot 10^{-3} Q_n^p - 0,06 \text{ (м}^3\text{)},$$

где L_m – теоретическое количество воздуха, необходимого для горения топлива;

$$L_m = 0,26 \times 10^{-3} \times 32554,8 - 0,06 = 8,4 \text{ (м}^3\text{)}.$$

2.3. Определение действительного количества воздуха, необходимого для горения топлива

Определяем действительное количество воздуха, необходимого для горения топлива по формуле [с. 28, 1]:

$$L_d = \alpha_d L_m \text{ (м}^3\text{)},$$

где α_d – коэффициент избытка воздуха. Принимается при сжигании газообразного топлива $\alpha_d = 1,05 \dots 1,1$; Принимаем $\alpha_d = 1,06$;

L_d – действительное количество воздуха, необходимого для горения топлива;

$$L_d = 1,06 \times 8,4 = 8,9 \text{ (м}^3\text{)}.$$

2.4. Определение количества продуктов горения

Определяем количество продуктов горения по формуле [с. 13, 3]:

$$V_z = 0,272 \cdot 10^{-3} Q_{H^p} + 0,06 + (\alpha_d - 1) L_m,$$

где V_z – количество продуктов горения (объём);

$$V_z = 0,272 \cdot 10^{-3} \times 32554,8 + 0,06 + (1,06 - 1) \times 8,4 = 9,41 \text{ (м}^3\text{)}.$$

2.5. Определение калориметрической температуры горения топлива

Определяем калориметрическую температуру горения топлива по формуле [с.13, 3]:

$$t_k = \frac{Q_n^p + q_m^\phi + q_\delta^\phi}{C_z V_z};$$

где $q_m^\phi = C_m t_m$ – тепло, вносимое с подогретым топливом (кДж/м³);

$q_\delta^\phi = C_\delta t_\delta L_d$ – тепло, вносимое с подогретым воздухом (кДж/м³);

C_Γ – теплоёмкость продуктов горения. Принимается при сжигании газообразного топлива $C_z = 1,41 - 1,5$ (кДж/м³ · °К); Принимаем $C_z = 1,45$ (кДж/м³ °К);

C_m, C_δ – соответственно, теплоёмкость топлива и воздуха при температуре подогрева;

t_m, t_δ – температура подогрева, соответственно, топлива и воздуха;

t_k – калориметрическая температура горения топлива;

Так как топливо и воздух не подогреваются, то $q_m^\phi + q_\delta^\phi = 0$

$$t_k = \frac{32554,8}{1,45 \cdot 9,41} = 2386,7^\circ \text{C}$$

2.6 Определение действительной температуры

Определяем действительную температуру в печи определяется по формуле [с. 34, 1]:

$$t_n = \eta t_k$$

где η – пирометрический коэффициент, зависящий от конструкции и режима работы печи. Принимаем $\eta = 0,65 \dots 0,8$ [с.35, 1];

t_n – действительная температура в печи;

$$t_n = 0,65 \times 2386,7 = 1551,3^\circ\text{C}.$$

После проведения расчётов проверяется, обеспечивает ли данное топливо нагрева заготовок до заданной температуры. Для этого должно выполняться условие:

$$t_n - t_m \geq 100^\circ\text{C}$$

$$1551,3 - 1250 = 301,3^\circ\text{C}$$

$$301,3 > 100^\circ\text{C}$$

Условие выполняется, следовательно, данное топливо обеспечивает нагрев заготовок до заданной температуры.

Для расчёта печи принимаем температуру рабочего пространства печи равной 1350°C .

3. Расчёт продолжительности нагрева металла

Все нагреваемые заготовки можно условно разделить на две группы – «тонкие» и «массивные» тела. К тонким телам относятся заготовки, у которых критерий Био меньше 0,25, а к массивным – заготовки у которых критерий Био больше 0,5. Область значений критерия Био от 0,25 до 0,5 – переходная (эта область относится к «тонким» телам).

3.1. Определение критерия Био

Определяем критерий Био по формуле [с. 49, 2]:

$$B_i = \frac{\alpha_{л+к} S}{\lambda}$$

где S – радиус заготовки ($R_{\text{заг}}$), обогреваемой с обеих сторон (м);

λ – коэффициент теплопроводности материала при температуре нагрева (Вт/мК);

$\alpha_{л+к}$ – коэффициент теплопередачи, изменяется в широких пределах. При нагреве в камерных печах определяется по формуле [с. 50, 2]:

$$\alpha_{л+к} = 0,1 \left(\frac{T_n}{100} \right)^3 + (11...17) \quad (Bm/m^2 \cdot K)$$

$$\alpha_{л+к} = 0,1 \left(\frac{1350+273}{100} \right)^3 + (12) = 439,5 \quad (Bm/m^2 \cdot K)$$

$$B_i = \frac{480,2 \times 0,025}{30,6} = 0,392$$

$$0,392 < 0,5$$

Заготовка относится к «тонким» телам.

3.2. Продолжительность нагрева «тонких» заготовок определяется по формуле:

$$\tau = \frac{V \rho C}{F_{эф} \alpha_{л+к}} \ln \frac{t_n - t_M^H}{t_n - t_M^K} \quad (ч),$$

где $\rho = 7800 \frac{кг}{м^3}$;

C – средняя теплоёмкость металла при температуре нагрева $1250^\circ C$.

Принимаем $C = 0,649 \frac{кДж}{м^3 \cdot ^\circ K}$;

$F_{эф}$ – эффективная тепловоспринимающая поверхность;

t_M^H – начальная температура металла, $20^\circ C$;

t_M^K – конечная температура металла, $1250^\circ C$.

$$V = \frac{\pi d^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} \cdot 0,4 = 0,000785 м^3$$

$$F_{эф} = \pi d l + 2 \frac{\pi d_{заг}^2}{4} = 3,14 \times 0,05 \times 0,4 + 2 \times \frac{3,14 \times 0,05^2}{4} = 0,0667 м^2$$

$$\tau = \frac{0,000785 \cdot 7800 \cdot 0,649}{0,0667 \cdot 439,5} \ln \frac{1350 - 20}{1350 - 1300} = 0,35 \quad (ч)$$

4. Определение основных размеров рабочего пространства печи

4.1. Определение количества заготовок, одновременно находящихся в печи

Определяем количество заготовок, одновременно находящихся в печи в зависимости от часовой производительности печи и продолжительности нагрева заготовок по формуле [с.146, 2]:

$$n = \frac{G\tau}{g},$$

где G – часовая производительность печи;

g – масса заготовки.

$$g = \rho V \text{ (кг)}$$

$$V = 0,000785(\text{м}^3).$$

$$g = 0,000785 \times 7800 = 6,12(\text{кг})$$

$$n = \frac{120 \times 0,35}{6,12} = 6,86 \text{ шт}$$

Принимаем $n = 7$ (шт).

4.2. Составление эскиза расположения заготовок на поду печи определение шага укладки заготовок

Определяем шаг укладки заготовок по формуле:

$$S_{\text{ук}} = d_z + k_{\text{ук}},$$

где $k_{\text{ук}}$ – коэффициент, принимаемый равным $0,5d_{\text{заг}}$

$$S_{\text{ук}} = 50 + 0,5 \times 50 = 75 \text{ (мм)}$$

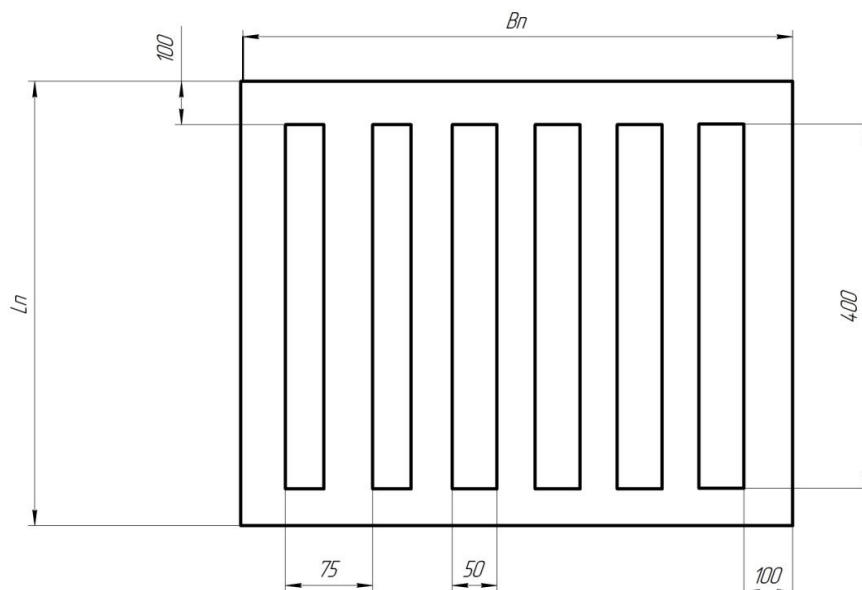


Рис. 1 Эскиз расположения заготовок на поде печи

4.3. Определение ширины и длины пода печи

Определяем ширину и длину пода печи по формулам [с.246, 1]:

$$B_{\text{нод}} = (n-1)S_{\text{ш}} + 200 \text{ (мм)};$$

$$L_{\text{нод}} = l_1 + (100 \dots 200) \text{ (мм)},$$

где l_1 – длина заготовки (при коротких заготовках $l_1 = l_{\text{заг}} m$)

m – количество заготовок, уложенных в одну длину.

$$l_1 = 400 \text{ (мм)}$$

$$B_{\text{нод}} = (6 - 1) \times 75 + 200 = 575 \text{ мм. Принимаем } B_{\text{нод}} = 0,575 \text{ (м)}$$

$$L_{\text{нод}} = 400 + 200 = 600 \text{ мм. Принимаем } L_{\text{нод}} = 0,60 \text{ (м)}$$

$$F_{\text{нод}} = B_{\text{нод}} \times L_{\text{нод}} = 0,575 \times 0,60 = 0,345 \text{ (м}^2\text{)}$$

4.4. Определение высоты рабочей камеры печи

Определяем высоту рабочей камеры печи по формуле [с. 246, 1]:

$$H_n = \frac{F_{\kappa} - F_c}{2(B_{\text{нод}} + L_{\text{нод}})} \text{ (м)},$$

где F_{κ} – внутренняя поверхность кладки. Определяем по формуле:

$$F_{\kappa} = \frac{F_{\text{эф}}}{\omega} \text{ (м}^2\text{)},$$

$F_{\text{эф}}$ – эффективная часть тепловоспринимающая поверхность материала;

ω – коэффициент, зависящий от отношения поверхности нагреваемого металла к кладке, принимается $\omega = 0,25 \dots 0,3$ [с. 143, 1];

F_c – площадь свода. Определяется по формуле:

$$F_c = 1,1 F_{\text{нод}} \text{ (м}^2\text{)};$$

$$F_{\kappa} = 0,0667 \times 6 / 0,3 = 1,334 \text{ (м}^2\text{)},$$

$$F_c = 1,1 \times 0,34 = 0,379 \text{ (м}^2\text{)},$$

$$H_n = \frac{1,334 - 0,379}{2 \cdot (0,575 + 0,6)} = 0,406 \text{ (м)}$$

Список использованной литературы

1. Касенков М.А. “Нагревательные устройства кузнечного производства”. М.: Машгиз, 1962г;
2. Кузелев М.Я., Скворцов А.А. “Нагрев металла под ковку и штамповку в пламенных печах”. – Л.: Судпромгиз, 1960г;
3. Шипулин А.И., Шипулин И.А. “Нагрев и нагревательные устройства”. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону, ДГТУ, 2000г;
4. “Выбор методов и средств нагрева металла под обработку давлением”. – ОМТР–2302–011–65–М.: НИИИМ, 1965г.
5. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. и др.- Марочник сталей и сплавов Под редакцией Сорокина В.Г.-М: Машиностроение, 1989, 640с.
6. Околович Г.А. Нагрев и нагревательные устройства: Учебное пособие предназначено для студентов специальности 150201 "Машины и технология обработки металлов давлением"/ Алт. гос.техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во Алт ГТУ, 2010.-172с.
7. Шипулин А.И. Шипулин И.А. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине “ Нагрев и нагревательные устройства ” /ДГТУ. Ростов-на-Дону. 2001, с.16