

$$Q_p = 112,47 + 0,62 + 0,04 + 48,83 + 0,0 + 6,09 = 168,05 \text{ МДж.}$$

Полученный тепловой баланс плавки стали 20Х в ДСП-100 приведен в табл. 12. Невязка 0,8 %. В случае большой невязки корректируют расход электроэнергии на плавку.

Таблица 12

Тепловой баланс плавки стали в ДСП

Поступило тепла, МДж		Расход тепла, МДж	
Электроэнергия	113,40 (66,93%)	Энтальпия продуктов	112,47 (66,94%)
		В том числе:	
		металла	101,65 (60,50%)
		шлака	10,82 (6,44%)
Тепло горелок	8,81 (5,20%)	Тепло химических реакций	0,62 (0,37%)
Энтальпия шихты	21,49 (12,68%)	Потери с охлаждающей водой	48,83 (29,06%)
Тепло химических реакций	25,73 (15,19%)	Потери с отходящими газами	6,09 (3,62%)
Итого	169,43	Итого	168,01

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

С учетом современной технологии, предусматривающей работу дуговой печи с завалкой большей части металлической шихты и подвалкой оставшейся части лома после проплавления основной части шихты, необходимый для размещения шихты объем рабочего пространства печи уменьшается, соответственно снижаются тепловые потери и увеличивается производительность печи в целом. Для улучшения технико-экономических показателей работы печи и увеличения стойкости футеровки подины и откосов печи целесообразно при сливе полупродукта оставлять часть металла (15...25%) в печи, так называемое «болото».

Исходя из этого, расчет начнем с определения максимальной массы металла в печи M_m :

$$M_m = (1+k) \cdot M,$$

где M – масса сливаемого металла за плавку, т; k – коэффициент избытка металла, оставляемого в печи после слива, т.е. «болото» ($k = 0,15...0,25$).

Из анализа геометрических размеров действующих печей выведен стехиометрический коэффициент ($A = 0,35 \dots 0,40$), связывающий максимальную массу металла в печи (M_m , т.) с диаметром рабочего пространства (D , м) на уровне панелей:

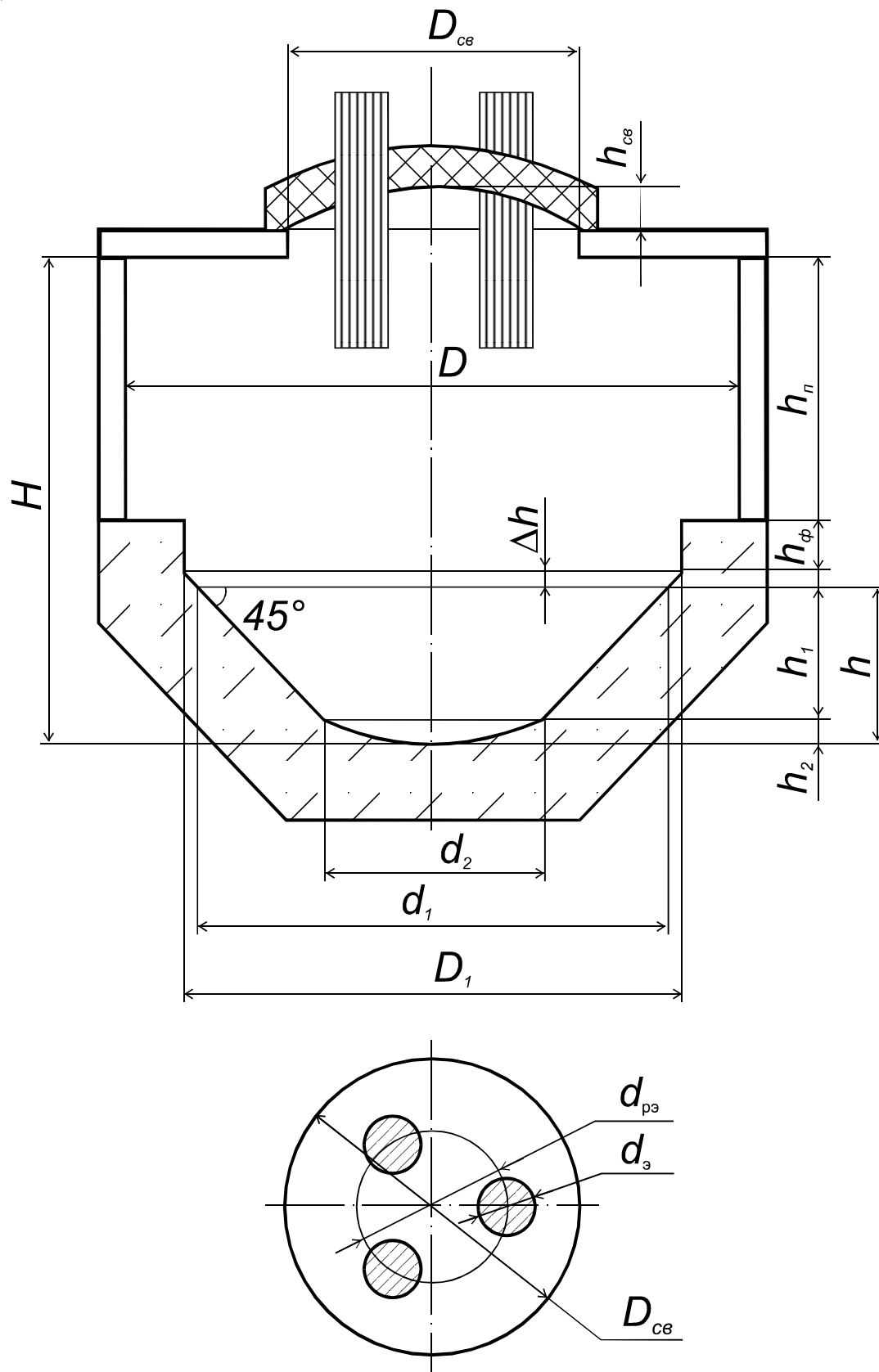


Рис. 5. Геометрическая схема дуговой сталеплавильной печи. Обозначения в тексте

$$M_M = A \cdot D^3, \text{ т.}$$

Отсюда находим $D = \sqrt[3]{M_M / A}$, м.

Найдем максимальный объем металла в печи:

$$V_M = M_M / \rho_M, \text{ м}^3,$$

где ρ_M – плотность жидкого металла, равная 6,8...7,4 т/м³.

Максимальный объем ванны печи

$$V_B = V_M \cdot V_{\text{ш}} \cdot V_3, \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{ш}}$ – объем шлака, V_3 – запас объема металла.

Объем шлака

$$V_{\text{ш}} = b \cdot M / \rho_{\text{ш}}, \text{ м}^3,$$

где b – коэффициент, учитывающий долю шлака от массы сливаемого металла, равный 0,05...0,1; $\rho_{\text{ш}}$ – плотность жидкого шлака, равная 2,8...3,2 т/м³.

Запас объема металла

$$V_3 = c \cdot V_M, \text{ м}^3,$$

где c – коэффициент запаса металла, равный 0,10...0,15.

Геометрический объем ванны печи

$$V_B' = V_K + V_c, \text{ м}^3,$$

где V_K , V_c – объем конической и сферической частей соответственно.

Объем конической части

$$V_K = \pi \cdot (h_1 + \Delta h) \frac{d_1^2 + d_1 \cdot d_2 + d_2^2}{12}, \text{ м}^3,$$

где h_1 – высота конической части (принимается $h_1 = 0,8h$, где h – глубина ванны, для печей емкостью менее 50 т и более 50 т выбирается в интервале соответственно 0,4...1,0 и 1,0...2,0 м), м; Δh – запас конической части, равный 0,1...0,2 м; d_1 и d_2 – диаметры верхнего и нижнего оснований конуса, соответственно, м.

Диаметр верхнего основания конуса

$$d_1 = D_1 - 2 \cdot \Delta h, \text{ м,}$$

где D_1 – диаметр по верхнему краю футеровки выше откосов $D_1 = D - 2h_{\text{ф}}$, м ($h_{\text{ф}}$ – запас футеровки от уровня откосов до нижнего уровня панелей, равный 0,25...0,36 м).

Диаметр нижнего основания конуса $d_2 = d_1 - 2h_1$.

Объем сферической части

$$V_c = \pi \cdot h_2 \cdot \frac{3d_2^2 / 4 + h_2^2}{6}, \text{ м.}$$

Чтобы оценить правильность проведенных выше расчетов, сравним геометрический объем ванны (V_B') с объемом жидких материалов (V_B).

Ошибка расчетов $\Delta = (V_B' - V_B)$ не должна превышать $\pm 5\%$. Кроме того, для оценки правильности расчетов геометрических размеров ванны следует сравнить их с размерами действующих печей [1], например:

$$D = 1106 M^{0,338}, \text{ мм};$$

$$h = 165,8 M^{0,422}, \text{ мм};$$

$$f = 1,131 M^{-0,357}, \text{ м}^2/\text{Т};$$

$$d_2 = (0,6 \dots 0,65)D, \text{ мм}; h_2 = (0,15 \dots 0,25)D, \text{ мм},$$

где f – удельная поверхность зеркала ванны.

Определим высоту водоохлаждаемых панелей

$$h_{\pi} = H - (h + \Delta h + h_{\phi}), \text{ м},$$

где H – высота рабочего пространства печи, $H = m \cdot D$, м.

Здесь m – коэффициент, учитывающий соотношение между диаметром (D) и высотой (H) рабочего пространства ($m = 1,5 \dots 2,0$); h_{ϕ} – высота футеровки выше уровня откосов, равная $0,3 \dots 0,5$ м.

Найдем полный объем рабочего пространства печи

$$V = V_{\pi} + V_{\phi} + V_B, \text{ м}^3,$$

где V_{π} – объем между нижним и верхним уровнями панелей,

$$V_{\pi} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h_{\pi}}{4}, \text{ м}^3;$$

V_{ϕ} – объем между верхним уровнем откосов и нижним уровнем панелей

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_1^2 \cdot h_{\phi}}{4}, \text{ м}^3.$$

Проведем сравнительную оценку расчетов объема рабочего пространства печи (V) с объемом загружаемых в печь шихтовых материалов, максимальным из которых является объем лома ($V_{\text{л}}$). Поскольку загрузка осуществляется в два приема, то наибольшим будет объем лома первой загрузки ($V_{\text{л}}'$). Разница в объемах

$\Delta = \frac{(V - V_{\text{л}}' / k_3) \cdot 100}{V}$ не должна превышать 5% , где k_3 – коэффициент заполнения печи, равный $0,85 \dots 0,95$.

Определим полный объем лома: $V_{\text{л}} = M / \rho_{\text{л}}, \text{ м}^3$,

где $\rho_{\text{л}}$ – насыпная плотность лома, равная $0,5 \dots 1,2 \text{ т/м}^3$.

Найдем объем лома первой загрузки:

$$V_{\text{л}}' = L_1 \cdot V_{\text{л}}, \text{ м}^3; \quad V_{\text{л}}'' = L_2 \cdot V_{\text{л}}, \text{ м}^3,$$

где L_1 и L_2 – доля лома первой и второй загрузок соответственно, $L_1 = 0,6 \dots 0,7$; $L_2 = 0,3 \dots 0,4$.

Для определения размеров футерованного свода – диаметра ($D_{\text{св}}$) и выпуклости ($h_{\text{св}}$) необходимо рассчитать диаметр электрода ($d_{\text{э}}$), зависящий от полной мощности (S , Вт) трансформатора печи.

Найдем диаметр электрода:

$$d_{\text{Э}} = \sqrt{\frac{4 \cdot I_2}{\pi \cdot i}}, \text{ м},$$

где i – плотность тока электрода, равная $(20 \dots 40) \cdot 10^{-4} \text{ А/м}^2$; I_2 – электрический ток во вторичной цепи трансформатора

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}} \cdot U_{2\text{Л}}, \text{ А}.$$

$U_{2\text{Л}}$ – максимальное линейное напряжение во вторичной цепи трансформатора ($U_{2\text{Л}} \leq 1600 \text{ В}$).

Найдем диаметр свода:

$$D_{\text{СВ}} = (1,5 \dots 2,5) d_{\text{Э}} + d_{\text{РЭ}}, \text{ м},$$

где $d_{\text{РЭ}}$ – диаметр распада электродов, $d_{\text{РЭ}} = k_{\text{РЭ}} \cdot d_{\text{Э}}$, м, где $k_{\text{РЭ}}$ – коэффициент распада электродов, который равен $1,5 \dots 2,5$.

Выпуклость свода $h_{\text{СВ}} = k_{\text{СВ}} \cdot D_{\text{СВ}}$, м,

где $k_{\text{СВ}}$ – коэффициент выпуклости свода, равный $0,12 \dots 0,18$.

Расчет закончен.

5. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОВОЙ ПЕЧИ

Определение давления дуги на металл и шлак

Расчеты проведем на конкретном примере для дуговой печи ДСП-100 с мощностью трансформатора $S = 80 \text{ МВА}$.

Исходные данные:

$d_{\text{Э}} = 610 \text{ мм}$ – диаметр электрода,

$\eta_{\text{Э}} = 0,9$ – электрический КПД,

$\cos \varphi = 0,7$,

$i_{\text{Э}} = 28 \text{ А/см}^2$ – плотность тока электрода,

$R_{\text{КС}} = 0,4 \text{ мОм}$ – активное сопротивление короткой сети,

$X = 4 \text{ мОм}$ – реактивное сопротивление короткой сети,

$\Delta U = 1 \text{ В/мм}$ – удельное падение напряжения в дуге,

$\Delta U_{\text{А, К}} = 40 \text{ В}$ – падение напряжения на ионизацию на аноде и катоде,

$\rho_{\text{М}} = 7 \text{ г/см}^3$ – плотность жидкого металла,

$\rho_{\text{Ш}} = 3,5 \text{ г/см}^3$ – плотность жидкого шлака,

$\rho_{\text{ПШ}} = 2 \text{ г/см}^3$ – плотность пенистого шлака,

$i_{\text{д}} = 4 \text{ А/мм}^2$ – плотность тока в дуге,

$D_{\text{В}} = 6,8 \text{ м}$ – диаметр ванны печи.