

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЭЛЕКТРОДОВ НА МОЩНОСТЬ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ В ВАННЕ РТП.

В работе исследовалось влияние формы и размеров электродов на мощность тепловыделения в ванне рудно-термической печи (РТП).

Исследование проводилось при следующих допущениях:

- 1) электрическая проводимость расплава постоянна по всему объему;
- 2) в процессе работы электроды не расходуются;
- 3) поле потенциалов в каждый момент времени считаем стационарным.

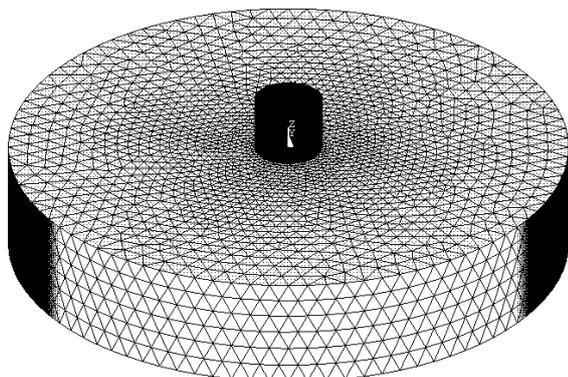
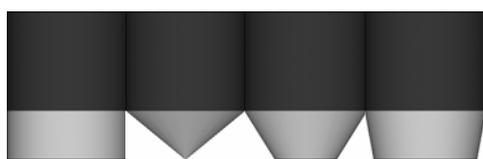


Рис. 1. Исследуемая модель



а) б) в) г)

Рис.2. Электроды, участвующие в расчете: а) – цилиндр, б) – конус, в) – усеченный конус $d_2 = 0.5d_1$, г) – усеченный конус $d_2 = 0.85d_1$

Модель исследуемой области представлена на рис. 1. Она представляет собой цилиндрическую ванну ($d_{VANNA} = 10\text{ м}$, $h_{VANNA} = 2\text{ м}$) с погруженным в нее электродом.

В ходе работы рассматривались следующие формы электрода: цилиндр (рис. 2, а), конус (рис. 2, б), усеченный конус $d_2 = 0.5d_1$ (рис.2, в) и усеченный конус $d_2 = 0.85d_1$ (рис.2, г).

Расчет производился в программном пакете ANSYS. Поле потенциала (φ , В) находится из решения уравнения Лапласа:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\sigma \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) = 0,$$

где σ - электрическая проводимость, $(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$.

Потенциал на электроде принимался равным 250 В, на дне ванны задавался нулевой потенциал, боковая поверхность электроизолирована ($\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0$).

Расчет проводился при $\sigma_{РАСПЛАВ} = 30(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$, $\sigma_{ELECTROD} = 10000(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$.

Первый расчет производился для электродов различных форм, но одинакового радиуса ($r = 0,6\text{ м}$) и глубины погружения в расплав ($h = 0,5\text{ м}$). Значения, полученные в результате этого расчета, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчета поля электрического потенциала и параметров тепловыделения при одинаковых значениях радиуса и глубины заглубления электрода.

	Цилиндр	Конус	Усеченный конус $d_2 = 0.5d_1$	Усеченный конус $d_2 = 0.85d_1$
$S_{Б.П.}, \text{ м}^2$	3,00	1,47	1,93	2,59
$I_{EL}, \text{ кА}$	40,4	26,9	31,1	37,1
$Q_{ИИТ}, \text{ МВт}$	10,13	6,73	7,83	9,30

$Q = I_{EL} \cdot \varphi_{EL}$, МВт	10,09	6,72	7,77	9,28
δ , %	0,4	0,15	0,77	0,22

Таблица 2. Результаты расчета поля электрического потенциала и параметров тепловыделения при одинаковом значении $S_{Б.П.}$.

	I_{EL} , кА	$Q_{ИИТ}$, МВт	$Q = I_{EL} \cdot \varphi_{EL}$, МВт	δ , %
Конус $r = 0,6м$, $h = 1,5м$	47,2	11,83	11,8	0,25
Конус $r = 0,92м$, $h = 0,5м$	41,0	10,18	10,24	0,56
Усеченный конус $d_2 = 0.5d_1$ $r_1 = 0,82м$, $h = 0,5м$	41,1	10,40	10,27	1,27
Усеченный конус $d_2 = 0.5d_1$ $r_1 = 0,6м$, $h = 0,92м$	42,2	10,59	10,55	0,38
Усеченный конус $d_2 = 0.85d_1$ $r_1 = 0,68м$, $h = 0,5м$	41,4	10,37	10,36	0,14
Усеченный конус $d_2 = 0.85d_1$ $r_1 = 0,6м$, $h = 0,63м$	41,3	10,35	10,33	0,19

Наибольшее значение мощности тепловыделения наблюдается для электрода, имеющего форму цилиндра. При этом цилиндр имеет и наибольшую площадь соприкосновения с расплавом. Также можно отметить, что с уменьшением площади соприкосновения электрода со шлаком мощность тепловыделения в ванне печи падает.

Был проведен расчет при условии постоянства площади соприкосновения. Так как наибольшее тепловыделение наблюдается для электрода – цилиндра, то значение площади выбираем $S_{Б.П.} = 3м^2$. Для сохранения значения изменяем глубину заглибления / радиус электродов. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

В случае одинакового значения площади соприкосновения мощность тепловыделения мало меняется в зависимости от формы и размеров электродов. Исключение составляет случай электрода – конуса с $h = 1,5м$, т.к. в этом случае электрод погружен в расплав почти на всю глубину ванны, что на практике не реализуется.

Таким образом, можно сделать вывод, что форма электродов влияет на мощность тепловыделения в ванне, если они имеют одинаковый диаметр и высоту заглибления в расплав, и не влияет – если они имеют одинаковую площадь соприкосновения с расплавом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. – “Ansys для инженеров”: Справочное пособие. М.: Машиностроение – 1, 2004. 512 с
2. Платонов Г.Ф. “Параметры и электрические режимы металлургических электродных печей”. М., «Энергия», 1965. – 152 с.
3. Струнский Б.М. “Рудно-термические плавильные печи”. «Металлургия», 1972. – 368 с.