

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

В. Г. Егнazarян

Влияние уровня напряжения на работу муллитовой печи

(Представлено И. В. Егнazarовым 10 V 1950)

Производство муллита с энергетической стороны тождественно с производством электрокорунда, плавленного магнезита, а отчасти и ротштейна.

При нормальной эксплуатации для всех этих процессов значение параметра P —(поглощение энергии в контакте между концом электрода и шихтой или шлаком) превалирует над значением параметра q —(поглощение энергии в сопротивлении шлака или плава). Порядок соотношения этих параметров, по данным профессора Максименко (¹), $q = 0,25 P$.

Однако в практике исследованного завода выявилось, что плавку можно вести и с довольно широким изменением соотношений между параметрами P и q , в зависимости от конструкции печи, режима регулировки и ступени вторичного напряжения.

На исследованном заводе нам нередко приходилось отмечать и предельный случай работы печи, а именно: в режиме печи сопротивления. Поэтому рассмотрение вопроса о влиянии уровня напряжения на работу муллитовой печи начнем с режима работы печи, как печи сопротивления.

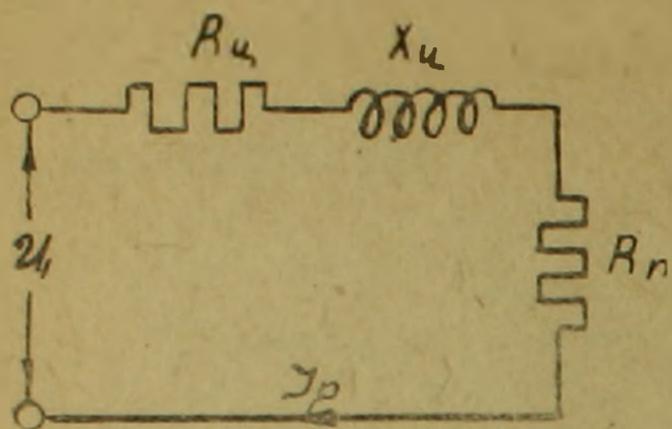
Для облегчения аналитического исследования принимаем следующие допущения: 1) мощность питающей сети по сравнению с мощностью муллитовой печи бесконечно велика; 2) изменение реактивного и активного сопротивления установки от изменения положения верхнего электрода, а также от влияния железных масс, отсутствует; 3) ток намагничивания трансформаторов равен нулю; 4) форма кривых тока и напряжения на дуге синусоидальная; 5) переходные процессы в цепях ввиду малости постоянной времени электропечного контура не учитываются; 6) удельное сопротивление расплавленного муллита в процессе плавки принимается постоянным.

На фиг. 1 представлена схема замещения печи, работающей в режиме печи сопротивления.

В результате замеров при существующих габаритах ванны и наиболее низкой ступени вторичного напряжения 147 вольт и при большой высоте слоя плава было получено:

$$I_{ни,1} > I_p = \frac{U_1}{\sqrt{(R_{ц} + R_n)^2 + (X_{ц})^2}}; \dots \dots \dots (1),$$

где $I_{ни}$ — номинальный ток трансформатора, соответствующий ступени вторичного напряжения U_1 ;



Фиг. 1.

I_p — рабочий ток печи;
 $R_{ц}$ и $X_{ц}$ — активное и реактивное сопротивление контура;
 R_n — сопротивление плава;
 U_1 — напряжение низшей ступени = 147 в.

При увеличении уровня напряжения, т. е. при переходе на следующую ступень U_2 , получим увеличение рабочего тока печи I_p .

Очевидно, режим работы печи, как печи сопротивления, при заданном значении R_n и ступени напряжения U_2 возможно вести до соблюдения условия

$$I_{p,2} = I_{ни,2},$$

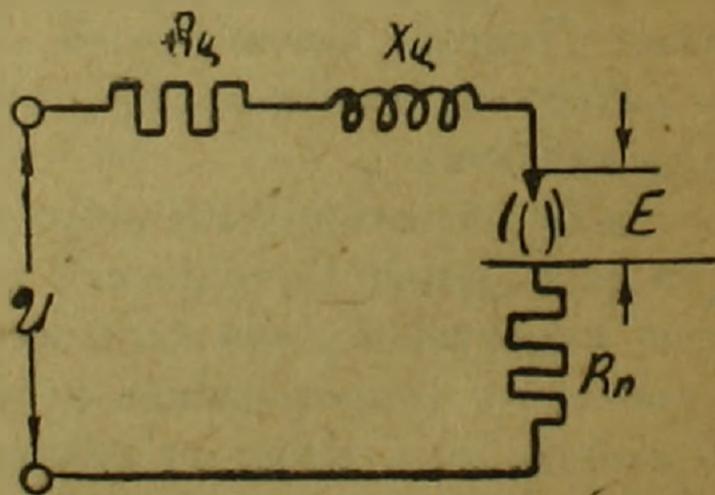
где $I_{p,2}$ — рабочий ток печи на ступени U_2 ;

$I_{ни,2}$ — номинальный ток трансформатора, соответствующий ступени вторичного напряжения U_2 .

В случае $I_{p,2} > I_{ни,2}$ по причине перегрузки трансформатора вести нормальную эксплуатацию в таких условиях нельзя. В таком случае приходится переходить либо на смешанный режим работы печи, либо на понижение подводимого к печи напряжения — переходом на более низкую ступень. Таким образом замечаем, что при заданной высоте столба расплавленного муллита, находящегося в ванне печи, т. е. при неизменном значении R_n величина напряжения в основном определяет режим работы печи, или, наоборот, при задаваемом неизменном режиме величина напряжения определяет габариты плавильной ванны.

Рассмотрим режим работы печи с поглощением энергии в параметрах R и q .

В соответствии со схемой замещения однофазной печи, работающей в смешанном режиме (фиг.2), имеем:



Фиг. 2.

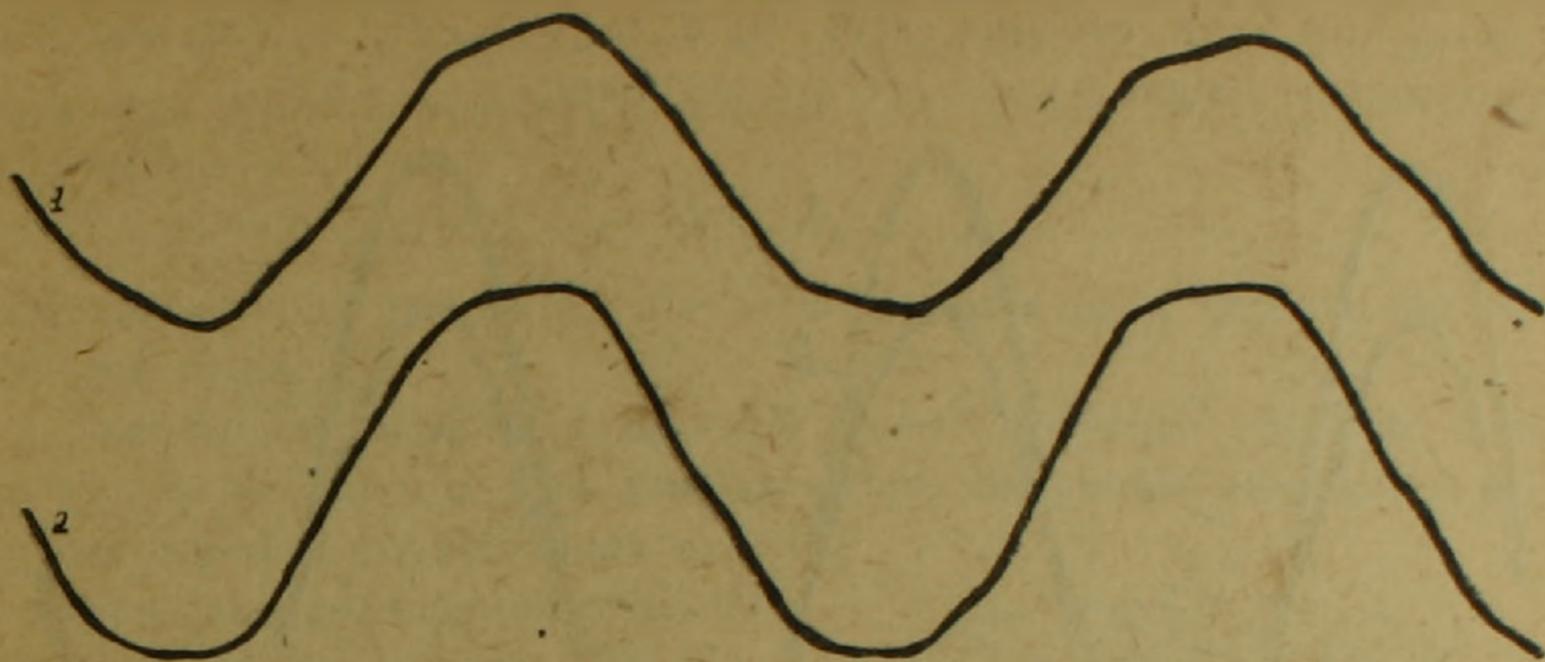
$$U^2 = (IR_{ц} + IR_n + E_d)^2 + (IX_{ц})^2. \dots \dots \dots (2)$$

Отсюда,

$$E_d = \sqrt{U^2 - (IX_{ц})^2} - IR_{ц} - IR_n = I \left[\sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - X_{ц}^2 - R_{ц}^2 - R_n^2} \right]; (3)$$

Как показали осциллограммы, снятые Г. А. Сисояном на ферросплавных печах в Зестафони, приведенные на фиг. 3 и 4, а также и

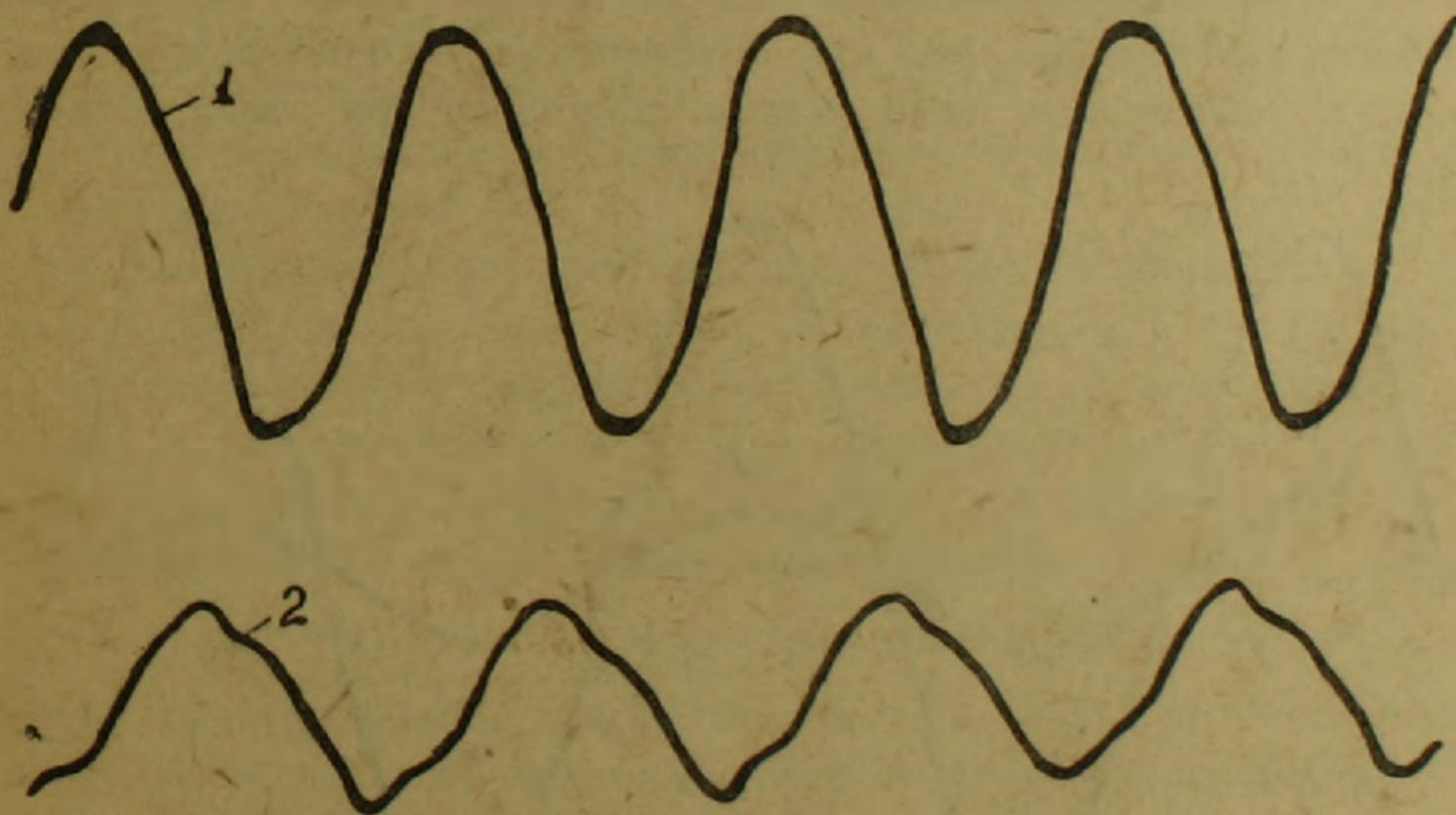
осциллограммы, снятые нами на муллитовых печах Ереванского завода, приведенные на фиг. 5 и 6, при различных температурных условиях в тигле кривая напряжения дуги изменяется различно.



Фиг. 3. Осциллограмма печи 7,5 мва при выплавке силико-марганца по Сисояну

1. ток дуги (падением напряжения).
2. напряжение дуги.

Так как форма кривой напряжения дуги в каждый данный момент зависит от физических условий среды, где совершается разряд, т. е. от температур¹⁹, давления и свойств среды, то установить какую-либо математическую зависимость длины столба дуги от приложенного к

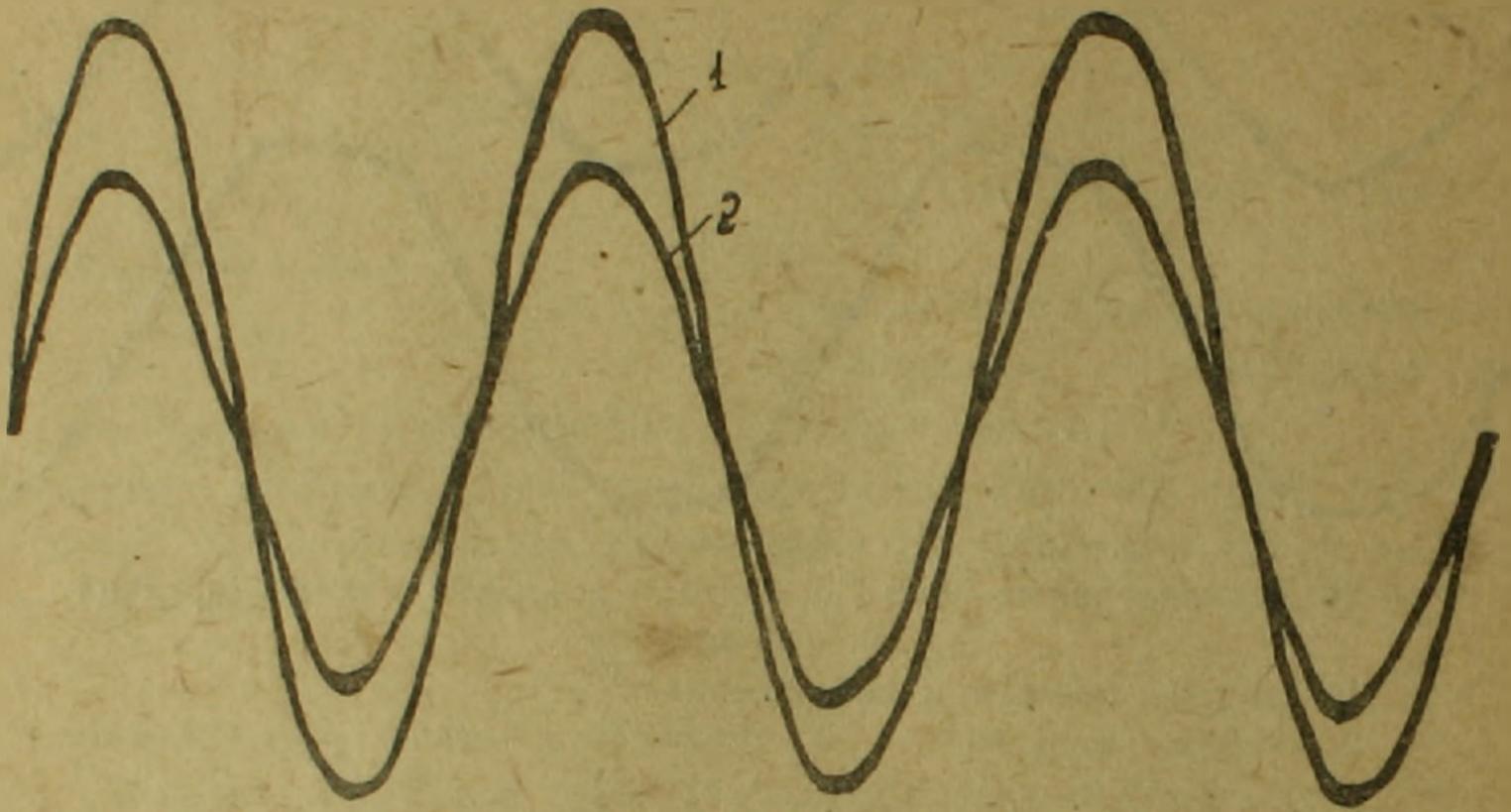


Фиг. 4. Осциллограмма печи 7,5 мва при выплавке 45% ферросилиция по Сисояну

1. ток дуги.
2. напряжение дуги.

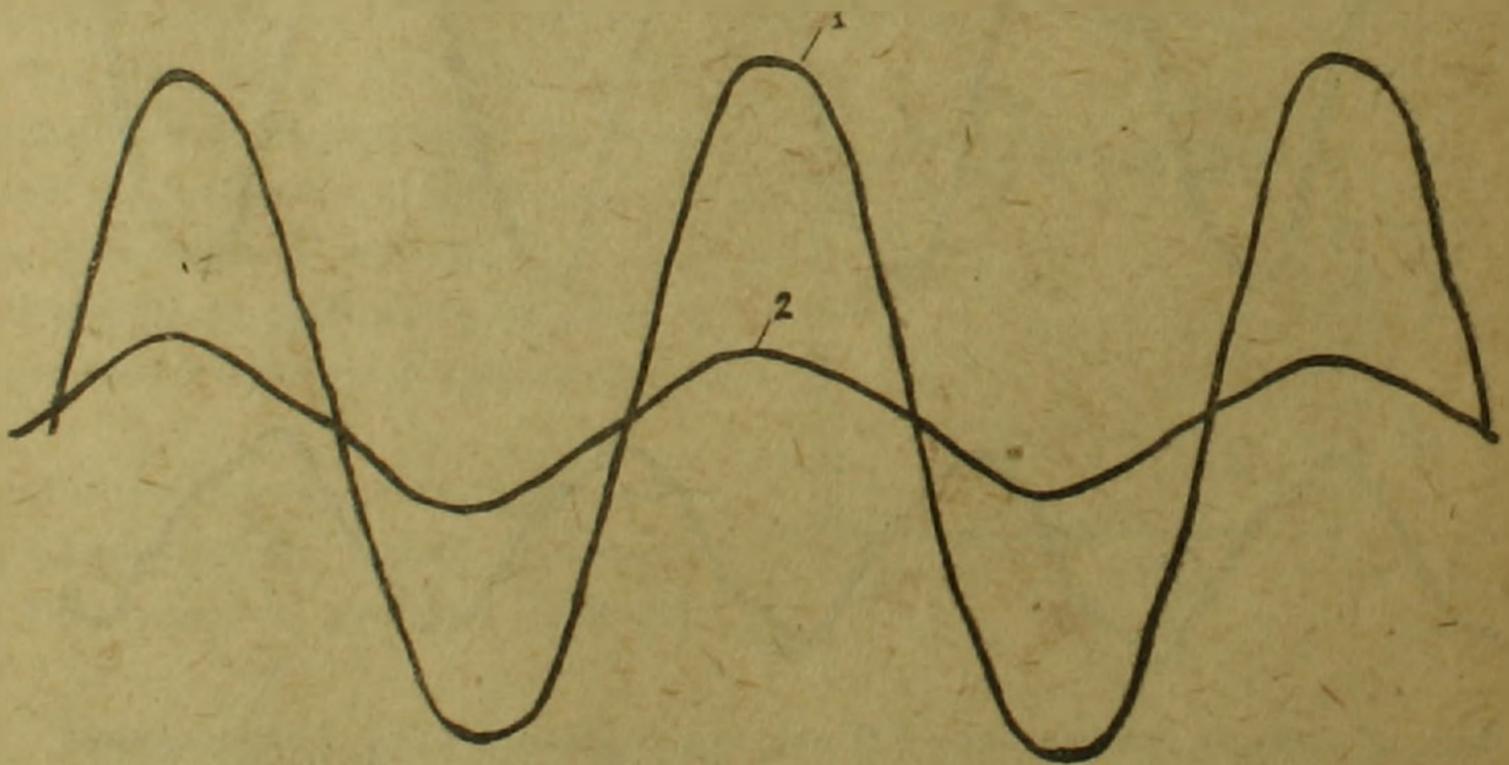
ней напряжения мы не можем, а ограничиваемся лишь только установлением того факта для обследованных печей, что длина столба дуги вообще увеличивается с увеличением приложенного к ней напряжения.

Таким образом, при работе в смешанном режиме на номинальных токах ступеней вторичного напряжения U_1 , U_2 и U_3 , т. е. $I_{ни1}$, $I_{ни2}$ и $I_{ни3}$ получим для одних и тех же условий горения дуги в тигле различные значения длин столбов дуги, т. е. $l_{ни1} < l_{ни2} < l_{ни3}$, где $l_{ни1}$, $l_{ни2}$ и $l_{ни3}$ — соответствующие длины дуг на ступенях U_1 , U_2 и U_3 .



Фиг. 5. Осциллограмма печи 400 ква при выплавке муллита.
1. напряжение печи.
2. ток печи.

Для муллитовых печей Ереванского завода нашими исследованиями (2) было установлено, что при обеспечении условий закрытого горения дуги в процессе всей плавки общие потери печи в среднем



Фиг. 6. Осциллограмма печи 400 ква при выплавке муллита.
1. напряжение печи.
2. ток печи.

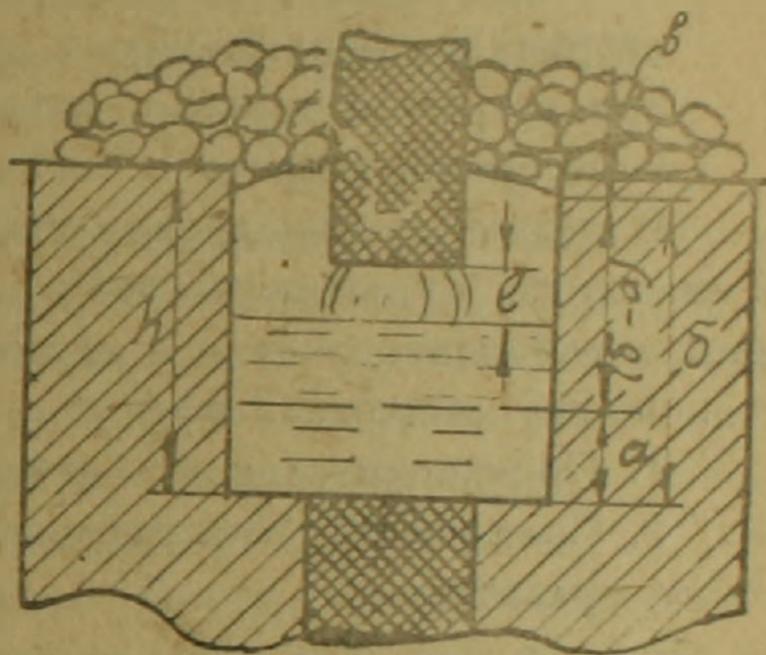
уменьшаются на 18,4%. Указанные потери 18,4% имели место при работе печи с открытой дугой, в основном через лучеиспускание с поверхности плава и раскаленного торца электрода.

Наблюдениями было установлено, что в процессе плавки при работе печи с поглощением энергии только в параметре q , — условие закрытого горения дуги (см. фиг. 7, схематический разрез ванны печи) $h + b > a + (b - a)$ практически не нарушались. Те же наблюдения выявили, что условие закрытого горения дуги при работе печи в дуговом режиме

$$h + b > a + (b - a) + l \dots \dots \dots (4)$$

в зависимости от длины столба дуги нарушалось в течение различных периодов времени.

Так как переменной величиной является правая сторона неравенства (4), то, очевидно, при данных габаритах ванны это условие (4) в течение периода плавки будет нарушаться тем раньше, чем будет больше длина столба дуги. Таким образом, продолжительность времени нарушения условий закрытого горения дуги, отнесенная к периоду плавки при работе на ступенях U_2 , будет меньше, чем на ступенях U_3 .



Фиг. 7.

Из изложенного вытекает, что при существующих габаритах ванны по высоте 65 см оптимальной ступенью вторичного напряжения, очевидно, должна быть признана та ступень напряжения, которая обеспечивает условие закрытого горения дуги.

Как выяснилось при наблюдениях, таким условиям могут удовлетворять все ступени вторичного напряжения U_1 , U_2 и U_3 , но с соблюдением следующих ограничений: в начале процесса плавки, когда $(b - a) = 0$, выбор режима работы на ступенях U_1 , U_2 и U_3 свободен, т. е. можно работать с поглощением энергии в параметре P и q .

В середине процесса плавки, когда высоты

$$(b - a) + l_{ни1}; (b - a) + l_{ни2}; (b - a) + l_{ни3}$$

делаются значительными, для обеспечения условия (4) приходится переходить на режим с поглощением энергии только в параметре q .

Так как высоты $(b - a)$ и $l_{ни}$ и $(b - a) + l_{ни}$ при работе на ступенях вторичного напряжения U_2 и U_3 после запуска печи очень быстро достигают своей крайней величины, то возможность вести плавку в смешанном режиме сильно сокращается. Это ограничение сильно расстраивает нормальный ход технологического процесса, так как для интенсивного восстановления железа и кремния в процессе всей плавки бывает необходима значительная реакционная способность трансформированной энергии. Так как энергия, трансформируемая в дуге, является, бесспорно, энергией более высокой сосредоточенности и вы-

сокой температуры, крайне необходимой для интенсивного протекания целого ряда реакций, она должна занимать доминирующее значение при сопоставлении энергии поглощаемых в параметрах Р и q.

Для исключения этих ограничений, не допускающих проведение безболезненной работы на высоких экономичных ступенях вторичного напряжения, т. е. при значительном поглощении энергии в параметре Р, Ереванскому Гос. Муллитовому заводу была дана рекомендация сочетать углубление ванны муллитовых печей на 20 см, с переходом на более высокие ступени напряжения, что приводит:

а) к снижению потерь через колошник печи и верхний электрод, о чем нами изложено раньше (2);

б) к возможности свободного выбора экономичных ступеней вторичного напряжения, т. е. к возможности производить плавку при закрытом зеркале плава и одновременно при значительном поглощении энергии в параметре Р.

В результате внедрения указанных рекомендаций в производство Ереванского Муллитового завода, проведенного путем тесного сотрудничества работников науки и производства, завод получил значительный технико-экономический эффект.

1. Производительность печей увеличилась на 50%.

2. Снижена на 30% удельная норма расхода электроэнергии на тонну муллита.

Водно-Энергетический Институт

АН Арм. ССР.

Ереван, 1950, май

Վ. Գ. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ

Լարման մակարդակի ազդեցությունը Մուլլիտի վառարանի վրա

Երևանի Մուլլիտի գործարանի վառարանների վաննաների դոյուլթյունն ունեցող փոքր խորության պատճառով երկրորդային լարման տնտեսողական աստիճանները չի հաջողվել զուգորդել վառարանի տնտեսողական աշխատանքի հետ ամբողջութամբ վերցրած:

Որպեսզի բացառվեն այդ սահմանափակումները, որոնք չեն թույլատրում երկրորդային լարման բարձր տնտեսողական աստիճանները օգտագործել, Երևանի Մուլլիտի գործարանին հանձնարարվել է զուգորդել Մուլլիտի վառարանների վաննայի 20 սմ-ով խորությունը՝ լարման ավելի բարձր աստիճանների հետ:

Մատնանշված հանձնարարումները Երևանի Մուլլիտի գործարանի արտադրության մեջ արմատավորելու հետևանքով, գործարանը ստացել է զգալի տեխնիկական-տնտեսական էֆեկտ:

ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Максименко М. С.—Основы электротермии. ОНТИ—1937 г. 2. Егуазарян В. Г. ДАН Арм. ССР 12, № 1, 1950.