Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова, т./XXУШ, 1978 г.

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА СТЕНКИ ЭЛЕМЕНТА И ИНТЕНСИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ НА РАБОТУ ГАРНИССАЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ШТЕЙНОВОМ РАСПЛАВЕ

Ю.Д.ДЕКОПОВ, А.А.ГАЛЬНБЕК

Для устойчивой работы охлаждаемого элемента в расплаве необходимо создать на его поверхности слой защитного гарниссажа и обеспечить температуру стенки охлаждаемого элемента меньшую, чем предельно допустимая температура для материала, из которого она изготовлена. При известных внешних условиях работы гарниссажных элементов этого можно добиться выбором материала конструкции элемента, охлаждающего теплоносителя, и режима охлаждения.

Условия устойчивой работы были определены для трубчатых элементов с внутренним диаметром 40 мм и толщиной стенки 10 мм, работающих в стационарном тепловом режиме, с помощью известных соотношений, описывающих передачу тепла в цилиндрической стенке[x]

$$q_l = \pi d'_г \alpha_1 (t_р - t_{пл.г}) ; \qquad (1)$$

$$q_l = \frac{\lambda_г}{\delta_г} \frac{\pi (d'_г + d''_г)}{2} (t_{пл.г} - t''_г) , \qquad (2)$$

$$q_l = \frac{\lambda_о}{\delta_о} \frac{\pi (d'_о + d''_о)}{2} (t'_о - t''_о) ; \qquad (3)$$

$$q_l = \frac{\lambda_{ст}}{\delta_{ст}} \frac{\pi (d'_{ст} + d''_{ст})}{2} (t'_{ст} - t''_{ст}) ; \qquad (4)$$

$$q_l = \pi d''_{ст} \alpha_2 (t''_{ст} - t_{охл}) , \qquad (5)$$

где q_l – количество тепла, отнесенное к I м трубы, ккал/(м·ч); г , о , ст , р , пл.г и охл – индексы, соответствующие гарниссажному слою, слою огнеупора и стенке трубы, расплаву, плавлению гарниссажа и охлаждающему теплоносителю; d и d'' – диаметры соответственно наружный и внутренний, м;

[x] М.А.Михеев. Основы теплопередачи. М.–Л., Госэнергоиздат, 1947.

t' и t'' – температура соответственно наружная и внутренняя, °С; φ – коэффициент кривизны; λ – коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°С); α_1, α_2 – коэффициенты теплоотдачи от расплава к поверхности гарниссажного элемента и от охлаждаемой поверхности к теплоносителю, ккал/м^2·ч·°С); δ – толщина слоя, м.

Внешние условия работы охлаждаемого элемента, определяемые коэффициентом теплоотдачи α_1, температурой расплава $t_р$ и гарниссажа $t_{пл.г}$, были найдены предварительными исследованиями на полупромышленном агрегате непрерывного конвертирования медно-никелевых штейнов[x]. По формуле (I) рассчитано, что для разных режимов работы элемента тепловой поток изменяется от I0000 до 480000 ккал/(м^2·ч).

Влияние материала стенки на устойчивую работу элемента было исследовано для условий умеренных тепловых нагрузок со стороны расплава при наружном тепловом потоке на поверхности охлаждаемого элемента q' = I00 000 ккал/(м^2·ч). Расчетами установлено, что применение теплопроводного материала, например меди ($\lambda_{ст}$ = 330 ккал/(м·ч·°С), позволяет предотвратить перегрев наружной поверхности стенки охлаждаемого элемента (рис. I) и создать достаточный слой защитного гарниссажа $\delta_г$. Перегрев стенки особенно ощущается при использовании сталей, имеющих коэффициент теплопроводности I0–50 ккал/(м·ч·°С). Даже при умеренных тепловых потоках температура наружной поверхности стальных труб приближается к предельно допустимой (400°С), при которой невозможна длительная устойчивая работа элемента.

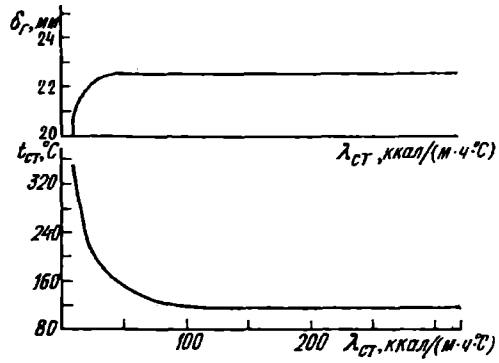


Рис. 1. Влияние теплопроводности материала охлаждаемого элемента на его работу

Интенсивность охлаждения также оказывает существенное влияние на устойчивую работу элемента. Так, при наибольших тепловых нагрузках со стороны расплава (q' = 480 000 ккал/(м^2·ч)), температуре охлаждающей среды $t_{охл}$ = 40°С, значениях коэффициента теплоотдачи α_2=2900 ккал/(м^2·ч·°С) в условиях продолжительной работы трубчатого медного элемента температура его стенки становится выше предельно допустимой $t'_{пр}$ (рис. 2). При кратковременных повышениях температуры предельно допустимая температура $t''_{пр}$ соответствует коэффициенту теплоотдачи α_2 = I030. Уменьшение значений коэффициентов теплоотдачи почти не сказывается на величине теплового потока, приходящего к теплоносителю от внутренней поверхности трубы, q'', поскольку толщина гарниссажа изменяется в небольших пределах и со-

---

[x] А.А.Гальнбек, А.Г.Рожнов, Я.Л.Серебряный и др. Цветные металлы, 1976, № 2, с. 21-23.

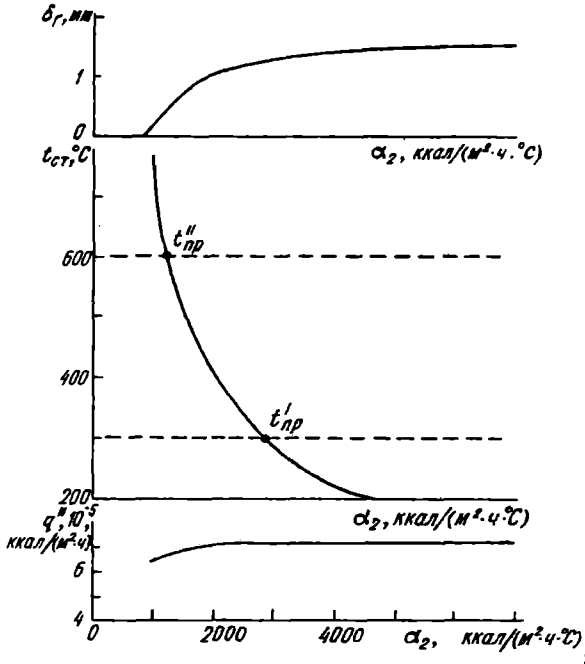


Рис. 2. Влияние интенсивности охлаждения на величины, характеризующие работу гарниссажного элемента

отношение между внутренним и наружным тепловыми потоками сохраняется почти постоянным.

Таким образом, для обеспечения устойчивой работы медных трубчатых элементов при наибольших тепловых нагрузках следует выбирать такой охлаждающий теплоноситель и режим охлаждения, которые обеспечивают коэффициент теплоотдачи $\alpha_2 \geq 3000$ ккал/(м^2·ч·°С).

При выборе теплоносителя и режима охлаждения необходимо, чтобы они обеспечивали не только заданный коэффициент теплоотдачи α_2, но и были бы взрывобезопасны при контакте с расплавленным штейном. Условиям взрывобезопасности отвечают, в частности, некоторые высокотемпературные теплоносители (солевые смеси, легкоплавкие сплавы). Однако, как показали расчеты, применение высокотемпературных охлаждающих теплоносителей в условиях повышенных тепловых нагрузок приводит к ощутимому увеличению температуры стенки охлаждаемого элемента, что уменьшает возможность использования таких элементов.

Огнеупорные покрытия, часто используемые для защиты поверхности охлаждаемого элемента от расплава, также оказывают значительное влияние на работу элемента. Даже сравнительно небольшой слой огнеупора (до 20 мм), как показывают расчеты, приводит обычно к исчезновению гарниссажа на его поверхности и затем, по данным практики, постепенному разрушению огнеупорного покрытия. В этих условиях нерационально создавать на поверхности охлаждаемых элементов слой огнеупора большой толщины. Однако слой толщиной около 20 мм может оказаться полезным при пуске печи, что исключит контакт агрессивного расплава с поверхностью охлаждаемого элемента.