

А. МАРТИНС, Айме ПЕСУР

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ КРИСТАЛЛОВ В ПЛАСТИЧЕСКИХ ШЛАКАХ

(Представил И. Эник)

В энергетических и энерготехнологических агрегатах стекание жидкого материала на стенках установок происходит в условиях интенсивного теплообмена и поэтому температура, а вместе с тем и жидкостные свойства материалов изменяются по толщине пленки в широких пределах [1-3]. С понижением температуры в сторону охлаждаемой стенки в слое жидкого материала образуются твердые частицы — кристаллы. Количество этих кристаллов увеличивается в жидкой фазе материала до тех пор, пока нижние слои не достигают неподвижного состояния. Поэтому вытекающий материал всегда содержит определенное количество твердых частиц (кристаллов) [4]. Но так как от их количества зависит процесс вытекания материала, а также качество его, особенно в энерготехнологических и химико-технологических агрегатах, то очень важно выяснить содержание этих частиц в жидких шлаках в зависимости от температурных условий.

Опытное определение содержания твердых частиц в пластических шлаках весьма трудоемкая работа и не всегда дает точные результаты [4]. Метод исследования основывается на микроскопическом анализе фазового состава закаленных в воде образцов пластических шлаков.

Нами разработана методика косвенного определения содержания твердых частиц в пластических шлаках в промежутке температур $T' - T_0$, где T' — температура шлака при бесконечно большой вязкости и T_0 — температура начала полностью жидкого состояния шлака. При разработке этой методики основывались на следующих предположениях:

1) пластические шлаки являются суспензиями, вязкость жидкой фазы которых и концентрация кристаллов в последней зависят от температуры;

2) в пластической области вязкость жидкой фазы зависит от температуры подобно вязкости ньютоновских жидкостей.

Уже Я. И. Френкель показал [5], что вязкость ньютоновских жидкостей подчиняется закону Аррениуса. Валентная теория вязкого течения полагает, что величина сдвиговой вязкости при температуре T определяется величиной потенциального барьера E_0 , соответствующей свободной энергии активации [6]

$$\eta = A_0 e^{E_0/RT}; \quad (1)$$

где $A_0 = N\hbar/V$, N — число Авогадро, \hbar — постоянная Планка, V — объем частиц, преодолевших потенциальный барьер, R — универсальная газовая постоянная.

Эта формула действительна для жидких шлаков начиная с температуры T_0 и выше. В пластической области шлаков (в промежутке тем-

ператур от T' до T_0) в первом приближении действительна следующая формула [7]:

$$\eta^* = A_0 e^{H/RT} = A_0 e^{(E_0 + TS)/RT}, \quad (2)$$

где H — соответствует теплоте активации, $S = -\partial E_0 / \partial T$ — энтропия вязкости.

Кроме того, вязкость суспензий выражается формулой [8]

$$\eta^* = \eta \left[1 + A\Phi + B\Phi^2 + C \exp\left(\frac{1,875\Phi}{1 - 1,595\Phi}\right) \right], \quad (3)$$

где Φ — концентрация твердых частиц в вязкой жидкости, A , B , C — константы, которые зависят в основном от формы частиц в вязкой жидкости.

Формула (3) — усовершенствованный вариант известной формулы Эйнштейна [8]

$$\eta^* = \eta [1 + 2,5\Phi]. \quad (4)$$

Учитывая сделанные выше предположения, на основе формул (1), (2) и (3) можно показать следующее: во-первых, формулы (1) и (2) дают

$$S = [\ln \eta^* - \ln (A_0 e^{E_0/RT})] R, \quad (5)$$

во-вторых, исходя из формул (1), (2) и (3), после некоторых преобразований получим

$$S = \ln \left[1 + A\Phi + B\Phi^2 + C \exp\left(\frac{1,875\Phi}{1 - 1,595\Phi}\right) \right] R. \quad (6)$$

Уравниванием формул (5) и (6) можно определить концентрацию кристаллов в шлаке

$$1 + A\Phi + B\Phi^2 + C \exp\left(\frac{1,875\Phi}{1 - 1,595\Phi}\right) = N^*, \quad (7)$$

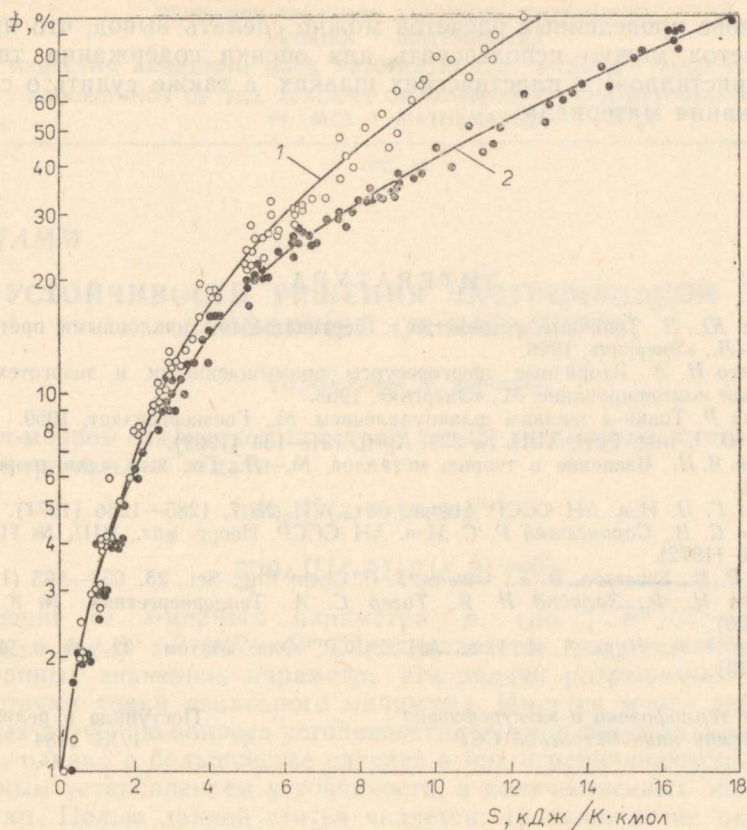
где

$$N^* = \frac{\eta^*}{A_0 e^{E_0/RT}}, \quad (8)$$

а константы A , B и C определены опытным путем с использованием искусственных суспензий.

Эти суспензии изготовлены из базисных жидкостей с постоянной вязкостью 1,06, 2,15 и 3,10 Па·с (при 20°С), к которым добавляли от 5 до 45 об. % нерастворимых порошков. Базисными жидкостями использовались градуировочные жидкости вискозиметра, изготовленные в Ленинградском отделении Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии им. Д. И. Менделеева. В качестве порошков выбирали два значительно различающиеся по форме частиц материала: 1) с более или менее круглыми зернами ($d_{\text{макс}} \approx 0,8-2,5$ мкм) и 2) с зернами удлиненной формы ($l/d_{\text{макс}} \approx 2,1-4,6$ и $d_{\text{макс}} \approx 1,8-4,4$ мкм) и с острыми углами.

Реологические свойства подготовленных суспензий определяли в специальном реометре постоянной регистрацией результатов измерений. Величины констант A , B и C определяли путем выбора их численных значений в формуле (7) таким образом, чтобы расчетные кривые $\eta = f(\Phi)$ совпадали с достаточной точностью с соответствующими кривыми, полученными на основе опытных данных.



Зависимость энтропии вязкости пластических шлаков эстонских и ленинградского сланцев от температуры, концентрации и формы твердых частиц (кристаллов): 1 — для частицы с более или менее круглой формой; 2 — для частицы с удлиненной формой.

Для примерного расчета содержания твердых частиц (кристаллов) в пластических шлаках эстонских и ленинградского сланцев в отношении (8) использовались кажущиеся вязкости η^* этих шлаков, определенные опытным путем [9]. Величины A_0 и E_0 определялись по этим же вязкостным характеристикам в области полностью жидкого состояния [10] и использовались для расчета вязкости жидкой фазы шлака в пластической области.

Формула (7) решалась численно на ЭВМ «Наири». Результаты расчета приведены на рисунке, где кривая 1 получена при решении уравнения с константами, характерными для суспензий с более круглыми частицами в них, и кривая 2 — с константами, характерными для суспензий с частицами удлиненной формы. При небольшом содержании кристаллов в шлаках эти кривые почти совпадают. Это показывает, что малая концентрация кристаллов мало влияет на способность вытекания материала из топки.

Для одновременной оценки кристаллов в разных шлаках в пластической области использовали безразмерную температуру $\theta = (T_0 - T)/(T_0 - T')$. Выясняется, что расчетное содержание твердых частиц (кристаллов) достигает почти 100% при температуре $\theta = 0,7-0,8$. Отсюда следует, что нижние слои пластических шлаков остаются практически неподвижными.

На основе проведенных расчетов можно сделать вывод, что предлагаемый метод можно использовать для оценки содержания твердых частиц (кристаллов) в пластических шлаках, а также судить о способности стекания материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маршак Ю. Л. Топочные устройства с вертикальными циклонными претопками. М.—Л., «Энергия», 1966.
2. Семеновко Н. А. Вторичные энергоресурсы промышленности и энерготехнологическое комбинирование. М., «Энергия», 1968.
3. Долежал Р. Топки с жидким шлакоудалением. М., Госэнергоиздат, 1959.
4. Watt, J. D. J. Inst. Fuel, XLII, № 339, April, 131—134 (1969).
5. Френкель Я. И. Введение в теорию металлов. М.—Л., Гос. изд. техн.-теорет. лит., 1950.
6. Комлеви Г. П. Изв. АН СССР. Неорг. мат., VII, № 7, 1285—1286 (1971).
7. Немилев С. В., Сарингюлян Р. С. Изв. АН СССР. Неорг. мат., VIII, № 11, 2005—2010 (1972).
8. Mishra, P. N., Severson, D. E., Owens, T. C. Chem Eng. Sci., 25, 653—663 (1970).
9. Лебедева Н. Ф., Залкинд И. Я., Тагер С. А. Теплоэнергетика, № 8, 18—22 (1966).
10. Мартинс А. А., Нурк А. А. Изв. АН ЭССР. Физ. Матем., 22, № 4, 434—436 (1973).

Институт термофизики и электрофизики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
1/XI 1984

A. MARTINS, Aime PESUR

HINNANG KRISTALLISALDUSELE PLASTILISTES ŠLAKKIDES

Artiklis on käsitletud plastiliste šlakkide kristallisisalduse sõltuvust temperatuurist ning esitatud meetod selle hindamiseks. Arvutused näitavad, et käsitletavat meetodit võib kasutada plastiliste šlakkide kristallisisalduse, samuti šlakkide voolamisvõime hindamisel.

A. MARTINS, Aime PESUR

THE ESTIMATE OF CRYSTAL CONTENT IN PLASTIC SLAGS

A slag flowing from the taphole of energetic or energytechnological furnace always contains a certain amount of crystals. The flow behaviour and quality of plastic slag are influenced by crystal content in it. The experimental determination of crystal content in plastic slags is a very difficult problem.

In this paper a new method for estimating the crystal content is given. On the basis of the Arrhenius rule and improved Einstein rule for suspensions, an equation is derived. The constants in this equation are determined experimentally by mixtures of viscous fluids and solid particles in the reometer. The equation is solved numerically on the computer for plastic slags of several fuels.