

УДК 331.45

Л. Т. АХМЕДЖАНОВА, М. К. ДЖЕКСЕНОВ

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРЫ НА СНИЖЕНИЕ ПОЖАРООПАСНОСТИ ПРИ ЕЕ ТРАНСПОРТИРОВКЕ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Изложены результаты аналитического исследования изменения термодинамического состояния окисляющегося насыпного объема гранулированной серы в зависимости от ее физико-химических свойств.

Для описания изменения термодинамического состояния объема серы при транспортировке ее в свободном насыпном виде в полувагонах, трюмах судов, контейнерах и др. рассмотрим уравнение вида [1]

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + b - dT, \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями

$$T(\tau, x)_{\tau=0} = T_2 + \frac{x}{h}(T_3 - T_2), \quad (2)$$

$$\left. \begin{array}{l} T(\tau, x)_{x=0} = T_2 \\ T(\tau, x)_{x=h} = T_3 \end{array} \right\} \quad (3)$$

где

$$b = \frac{S_0}{C_s \gamma} C_k U q + \frac{\alpha_T T_b}{(1-\Pi) C_s \gamma}, \quad (4)$$

$$d = \frac{\alpha_T}{(1-\Pi) C_s \gamma}, \quad (5)$$

где T и T_b – температура в окисляющемся объеме соответственно серы и воздуха, К; γ – насыпная плотность объема серы, кг/м³; C_k – концентрация кислорода в насыпном объеме серы, доли ед.; S_0 – площадь поверхности взаимодействия кислорода и кусков серы в объеме, м²/м³; q – удельное тепловыделение при окислении серы кислородом воздуха, Дж/м³; α_T – коэффициент объемной теплоотдачи, Вт/м³·К; U – скорость сорбции кислорода гранулированной серой, м³/м²·с.; C_s – теплоемкость объема серы, Дж/(кг·К); Π – пористость объема серы, дол. ед.; h – высота отсыпного слоя серы в транспортируемом объеме, м; T_2 , T_3 – температура соответственно на поверхности и в основании отсыпного слоя серы, К.

Произведем замену:

$$T(\tau, x) = \theta(\tau, x) \cdot e^{-d\tau} \quad (6)$$

и полученное выражение разделим на $e^{-d\tau} \neq 0$. Тогда

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + b \cdot e^{-d\tau}. \quad (7)$$

Так как

$$\theta(\tau, x) = T(x, \tau) \cdot e^{d\tau},$$

то

$$\theta(\tau, x)_{\tau=0} = T_2 + \frac{x}{h}(T_3 - T_2), \quad (8)$$

$$\left. \begin{array}{l} \theta(\tau, x)_{x=0} = T_2 \cdot e^{d\tau} \\ \theta(\tau, x)_{x=h} = T_3 \cdot e^{d\tau} \end{array} \right\} \quad (9)$$

Решение задачи (7), (8), (9) и учитывая замену (6) можно представить как

$$\begin{aligned} T_p(\tau, x) &= T_2 + \frac{x}{h}(T_3 - T_2) + \\ &+ \frac{2}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k(d+a\lambda_k^2)} \left[b - dT_2 - (b - dT_3)(-1)^k \right] \times \\ &\times \left[1 - e^{-(d+a\lambda_k^2)\tau} \right] \sin \frac{k\pi}{h} x. \quad (10) \end{aligned}$$

Анализ формулы (10) показывает, что термодинамическое состояние объема серы при ее окислении зависит от комплекса физико-химических параметров, в том числе и от концентрации кислорода скорости его сорбции серой, гранулометрического состава и теплофизических свойств объема серы. При этом наиболее управляемыми

в определенных условиях параметрам являются концентрация кислорода и скорость сорбции, а также гранулометрический состав. Из анализа выражения (10) также видно, что при значении:

$$b-dT_2 - (b-dT_3)(-1)^k = 0$$

изменение температуры со временем не будет происходить.

Отсюда определим, что при $k=1$ величина « b » будет равна

$$b = \frac{(T_2 - T_3)d}{2}.$$

При подстановке значения « b », описываемого выражением (4) можно определить значения физико-химических параметров серы, при которых не будет происходить ее самонагревание в объеме.

Так, например, для определения площади поверхности окисления S_0 серы в единице объема, а затем и среднего размера кусков или изготавливаемых гранул для транспортировки в полуваагонах, контейнерах, трюмах судов и др., при которых не будет происходить процесс самонагревания и само возгорания серы используется выражение:

$$S_0 = \frac{\alpha_T}{1-\Pi} [T_2 - T_3] / C_k Uq, \text{ м}^2/\text{м}^3. \quad (11)$$

После определения S_0 рассчитывают средний размер куска L_k или радиуса R_{cp} гранулы в объеме по формуле:

$$L_k \approx 2R_{cp} = \frac{6V(1-\Pi)}{S_0}, \text{ м} \quad (12)$$

где V – единичный объем серы, м^3 .

Для транспортировки серы в насыпном виде в полуваагонах, крытых вагонах, трюмах судов и др., изготавливаются и отбираются куски или гранулы размером не менее R_{cp} . Гранулы размером менее R_{cp} вновь возвращаются на комкование или грануляцию.

Аналогично можно определить и величины U и C_k при которых не будет самонагревание и возгорание:

$$U = \frac{\alpha_T}{(1-\Pi)} (T_2 - T_3) / C_k q S_0, \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}, \quad (13)$$

$$C_k = \frac{\alpha_T}{(1-\Pi)} (T_2 - T_3) / U q S_0, \text{ доли ед.} \quad (14)$$

Согласно выражению (4) в этом случае источника тепла не будет, а следовательно и окис-

ления и самонагревания не произойдет. Отсюда вытекает, что для предотвращения окисления и самонагревания следует создать условия нахождения серы в безкислородном объеме, при транспортировке и хранении. Это можно обеспечить путем замены воздуха в транспортируемом объеме в мешках, контейнерах, трюмах судов и др. на инертные газы, например, азот или гелий. Наиболее эффективным, с точки зрения обеспечения санитарно-гигиенических условий и безопасности транспортировки серы, является предлагаемый нами способ [2], сущность которого заключается в следующем: серу упаковывают в полиэтиленовые мешки и заваривают, а перед завариванием вытесняют из мешка воздух с помощью инертного газа, например, азота или гелия, путем продувания.

При этом предлагаемый способ практически осуществляют следующим образом: засыпают серу (гранулированную или молотую) в полиэтиленовый мешок, заваривают середину, оставляя с двух углов отверстия. В одно из отверстий вдувается инертный газ (азот или гелий) до полного вытеснения воздуха из мешка, затем заваривают оба отверстия. Заваренный полиэтиленовый мешок вкладывают в пяти- или шестислойный бумажный мешок по ГОСТ 2226-88.

Мешки можно транспортировать в любых вагонах, контейнерах, или трюмах судов. При этом исключаются все негативные последствия, т.е. выделения пыли и газа, самовозгорание и окисление, а также не ухудшается качество серы, которую можно хранить длительное время на складах, при обеспечении целостности полиэтиленовой упаковки.

ЛИТЕРАТУРА

- Ахмеджанов Т.К. и др. Математические модели самонагревания полезных ископаемых. Алматы: Наука, 2002. С. 248.
- Предварительный патент бл. №7, 15.07.2008. «Способ упаковки серы для хранения» / Авторы: Ахмеджанов Т.К., Аязбаев Е.Х., Ахмеджанова Л.Т., Байдуллаева А.Ш., Шамишева А.

Резюме

Физика-химиялық қасиеттеріне байланысты күйірттің тотығатын көлемінің термодинамикалық күйі өзгеруінің аналитикалық зерттеу нәтижелері көлтірілген.

Summary

In this article study results of analytical researching of thermodynamically condition of oxidation volume of granule sulfur independents from the surface of granule.

в определенных условиях параметрам являются концентрация кислорода и скорость сорбции, а также гранулометрический состав. Из анализа выражения (10) также видно, что при значении:

$$b-dT_2 - (b-dT_3)(-1)^k = 0$$

изменение температуры со временем не будет происходить.

Отсюда определим, что при $k=1$ величина « b » будет равна

$$b = \frac{(T_2 - T_3)d}{2}.$$

При подстановке значения « b », описываемого выражением (4) можно определить значения физико-химических параметров серы, при которых не будет происходить ее самонагревание в объеме.

Так, например, для определения площади поверхности окисления S_0 серы в единице объема, а затем и среднего размера кусков или изготавливаемых гранул для транспортировки в полувахонах, контейнерах, трюмах судов и др., при которых не будет происходить процесс самонагревания и само возгорания серы используется выражение:

$$S_0 = \frac{\alpha_T}{1-\Pi} [T_2 - T_3] / C_k Uq, \text{ м}^2/\text{м}^3. \quad (11)$$

После определения S_0 рассчитывают средний размер куска L_k или радиуса R_{cp} гранулы в объеме по формуле:

$$L_k \approx 2R_{cp} = \frac{6V(1-\Pi)}{S_0}, \text{ м} \quad (12)$$

где V – единичный объем серы, м^3 .

Для транспортировки серы в насыпном виде в полувахонах, крытых вагонах, трюмах судов и др., изготавливаются и отбираются куски или гранулы размером не менее R_{cp} . Гранулы размером менее R_{cp} вновь возвращаются на комкование или грануляцию.

Аналогично можно определить и величины U и C_k при которых не будет самонагревание и возгорание:

$$U = \frac{\alpha_T}{(1-\Pi)} (T_2 - T_3) / C_k q S_0, \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}, \quad (13)$$

$$C_k = \frac{\alpha_T}{(1-\Pi)} (T_2 - T_3) / U q S_0, \text{ доли ед.} \quad (14)$$

Согласно выражению (4) в этом случае источника тепла не будет, а следовательно и окис-

ления и самонагревания не произойдет. Отсюда вытекает, что для предотвращения окисления и самонагревания следует создать условия нахождения серы в безкислородном объеме, при транспортировке и хранении. Это можно обеспечить путем замены воздуха в транспортируемом объеме в мешках, контейнерах, трюмах судов и др. на инертные газы, например, азот или гелий. Наиболее эффективным, с точки зрения обеспечения санитарно-гигиенических условий и безопасности транспортировки серы, является предлагаемый нами способ [2], сущность которого заключается в следующем: серу упаковывают в полиэтиленовые мешки и заваривают, а перед завариванием вытесняют из мешка воздух с помощью инертного газа, например, азота или гелия, путем продувания.

При этом предлагаемый способ практически осуществляют следующим образом: засыпают серу (гранулированную или молотую) в полиэтиленовый мешок, заваривают середину, оставляя с двух углов отверстия. В одно из отверстий вдувается инертный газ (азот или гелий) до полного вытеснения воздуха из мешка, затем заваривают оба отверстия. Заваренный полиэтиленовый мешок вкладывают в пяти – или шестислойный бумажный мешок по ГОСТ 2226-88.

Мешки можно транспортировать в любых вагонах, контейнерах, или трюмах судов. При этом исключаются все негативные последствия, т.е. выделения пыли и газа, самовозгорание и окисление, а также не ухудшается качество серы, которую можно хранить длительное время на складах, при обеспечении целостности полиэтиленовой упаковки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмеджанов Т.К. и др. Математические модели самонагревания полезных ископаемых. Алматы: Наука, 2002. С. 248.
2. Предварительный патент бл. №7, 15.07.2008. «Способ упаковки серы для хранения» / Авторы: Ахмеджанов Т.К., Аязбаев Е.Х., Ахмеджанова Л.Т., Байдуллаева А.Ш., Шамишева А.

Резюме

Физика-химиялық қасиеттеріне байланысты күйінде төтіктердің көлемінің термодинамикалық күйіндеңеруінің аналитикалық зерттеу нәтижелері келтірілген.

Summary

In this article study results of analytical researching of thermodynamically condition of oxidation volume of granule sulfur independents from the surface of granule.

КазНТУ им. К. И. Сатпаева

Поступила 10.10.08г.