

РАВНОВЕСИЕ В СИСТЕМЕ «ВОЛОКНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ – РАСТВОР ГИДРОКСИДА НАТРИЯ»

М. К. Кошелева^{1✉}, М. З. Цинцадзе¹, О. Р. Дорняк²

Кафедра «Энергоресурсоэффективные технологии, промышленная экология и безопасность» (1), oхtraxt@yandex.ru; ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия; кафедра электротехники, теплотехники и гидравлики (2), ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Ключевые слова: волокнистый материал; десорбция; равновесие; сорбция; экстрагирование.

Аннотация: Для типовых волокнистых хлопковых материалов проведено изучение и анализ равновесия в системе «волокнистый материал – раствор гидроксида натрия». Сорбционные характеристики необходимы при расчете процесса экстрагирования щелочи после мерсеризации хлопковых волокнистых материалов. Представлены кривые кинетики сорбции и десорбции для типовых легких и средней плотности хлопковых плоских волокнистых материалов. Полученные результаты позволяют определить константы равновесия при сорбции и десорбции щелочи из изученных объектов технологической обработки.

Введение

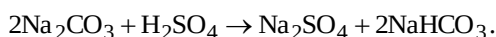
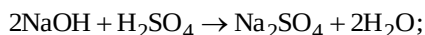
При расчете процесса экстрагирования различных технологических загрязнений из волокнистых материалов необходимы данные по сорбционному равновесию. Например, в химической технологии отделки наиболее распространенных хлопковых волокнистых материалов важно изучение равновесия в системе «хлопчатобумажный материал – гидроксид натрия», которым воздействуют на объект технологической обработки в процессе мерсеризации (при этом волокнистый материал приобретает блеск, эластичность, повышенную гигроскопичность и др.) [1 – 8].

Экспериментальные исследования и анализ данных по равновесию

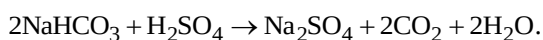
Для типовых волокнистых хлопчатобумажных материалов из наиболее востребованных групп тканей проведено изучение и анализ равновесия в системе «материал – раствор гидроксида натрия». При изучении равновесия образцы материала в течение заданного времени находились в непосредственном контакте с раствором гидроксида натрия, затем отжимались и исследовались методом обратного титрования на остаточное содержание гидроксида натрия. Отношение объема раствора к массе образца было не менее 1000, что обеспечивало постоянство концентрации гидроксида натрия, которая составляла 100 кг/м^3 [1, 2].

Содержание щелочи в образцах определялось по ее количеству, экстрагированному из образцов. Экстрагирование проводилось в соответствии с ГОСТ 6309–93 и ГОСТ 8205–87. Титрование осуществлялось раствором серной кислоты в присутствии двух индикаторов, так как едкий натр всегда содержит примесь карбоната натрия.

Титрование с фенолфталеином ведет к нейтрализации всего едкого натра и половины карбоната натрия:



При титровании с метилоранжем нейтрализуется бикарбонат



Количество щелочи на единицу массы образца определяется по формуле

$$c' = \frac{(2B_1 - B_2)kH \cdot 0,04}{m_{\text{в.с}}},$$

где c' – концентрация едкого натра в твердой фазе, кг/кг; B_1 , B_2 – количество кислоты, использованное на титрование с фенолфталеином, фенолфталеином и метилоранжем соответственно, мл; H – нормальность титровального раствора кислоты, гэкв/л; k – поправочный коэффициент, учитывающий нормальность раствора кислоты; 0,04 – количество NaOH в 1 мл однонормального раствора, г; $m_{\text{в.с}}$ – масса образца ткани в воздушно-сухом состоянии, г.

Количество карбоната на единицу массы образца, кг/кг, определяется по формуле

$$c'_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{2(B_2 - B_1)kH \cdot 0,053}{m_{\text{в.с}}},$$

где 0,053 – количество Na_2CO_3 в 1 мл однонормального раствора, г.

Равновесное содержание щелочи в пропиточном или промывном растворе определялось методом прямого титрования

$$c = \frac{0,04HB \cdot 1000}{V},$$

где B – количество раствора кислоты, мл; c – концентрация едкого натра в растворе, г/л; V – объем раствора едкого натра, мл.

В результате изучения определено время установления равновесия в системе «хлопковый материал – раствор гидроксида натрия» (рис. 1). Очевидно, что оно составляет для суровых тканей 60...180 мин после начала эксперимента. Для каждой контрольной точки обрабатывались результаты нескольких значений концентрации гидроксида натрия в материале.

Проверка результатов на отсутствие грубых погрешностей проводилась с использованием критерия Смирнова–Графса [1 – 3].

Для каждой выборки определялось значение критерия

$$v = \frac{\bar{c}' - c'_{\min(\max)}}{S_c \sqrt{(n-1)/n}}, \quad (1)$$

где $\bar{c}'$ – среднее значение выборки; S_c – среднеквадратичная погрешность отдельного измерения.

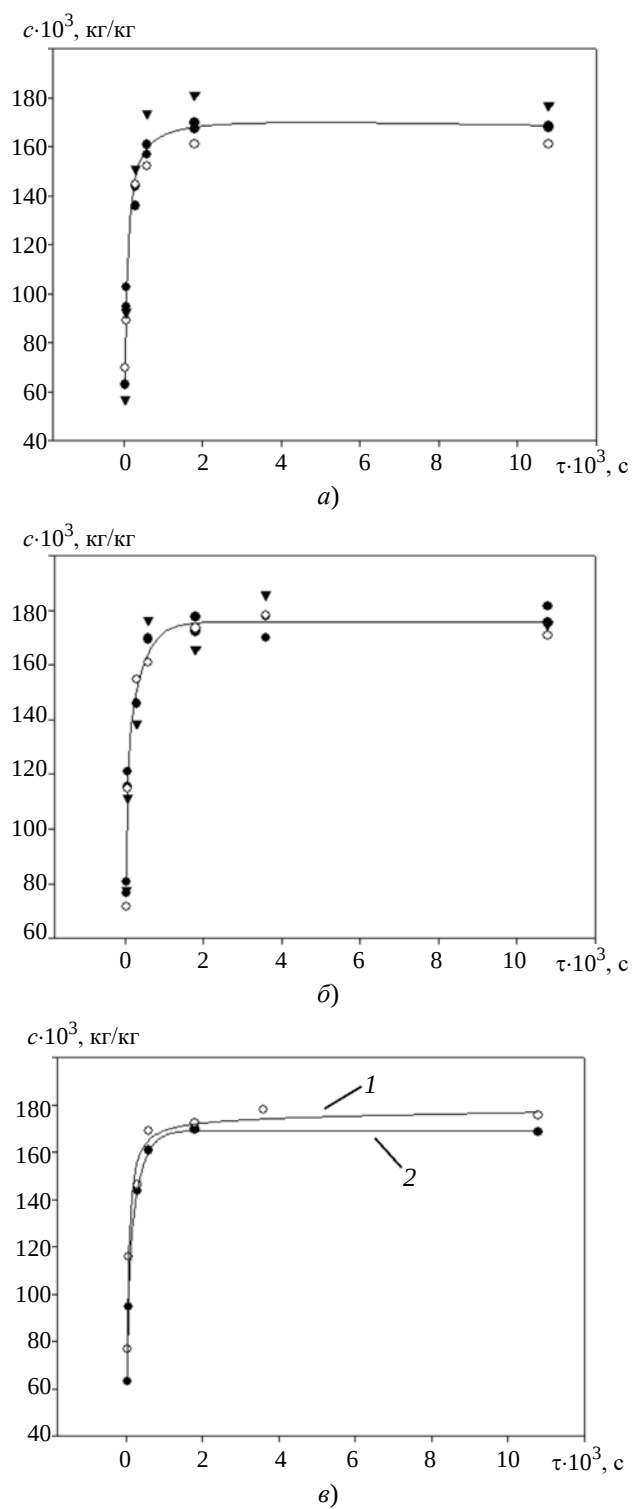


Рис. 1. Кинетика сорбции гидроксида натрия:
a – легкой хлопчатобумажной тканью; *б* – хлопчатобумажной тканью средней плотности;
в – легкой тканью 1 и тканью средней плотности 2

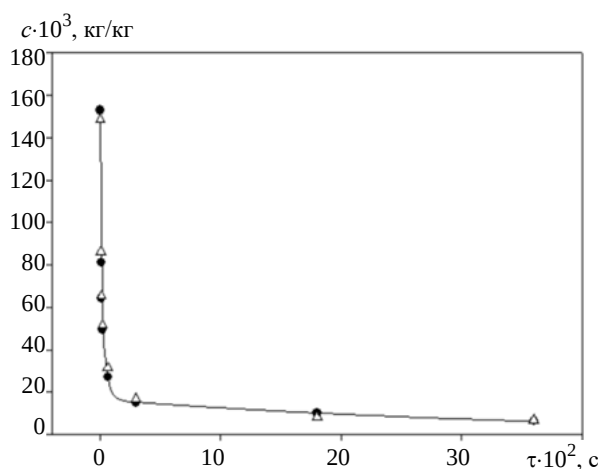


Рис. 2. Кинетика промывки (десорбции) гидроксида натрия из легкой ткани (●) и ткани средней плотности (Δ)

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{c} - c_i')^2}{n-1}}. \quad (2)$$

Критическое значение критерия $v = 1,41$ при числе параллельных наблюдений $n = 3$ и уровне значимости $p = 0,05$ [3].

Сравнение значений критерия с его критическим значением показывает, что отсутствуют грубые погрешности результатов, поскольку значения v -критерия меньше критического.

Для определения доверительных интервалов изменения концентрации NaOH в тканях определены величины абсолютных погрешностей $\Delta \bar{c}'$

$$\Delta \bar{c}' = t_p(n) \frac{S_c}{\sqrt{n}},$$

где $t_p(n)$ – критерий Стьюдента.

При числе параллельных наблюдений $n = 3$ и уровне значимости $p = 0,05$ величина критерия Стьюдента составляет $t_{0,05}(3) = 4,3$.

Кривые кинетики десорбции гидроксида из мерсеризованных тканей разных групп приведены на рис. 2.

Заключение

Как видно, значения концентрации щелочи практически ложатся на одну кривую. Сорбционные характеристики хлопчатобумажных тканей в системе «ткань – раствор гидроксида натрия» необходимо учитывать при расчете процесса экстрагирования щелочи после мерсеризации [1, 2, 5 – 8]. Результаты позволяют определить константы равновесия при сорбции и десорбции.

Список литературы

1. Щеголев, А. А. Разработка обобщенного метода расчета процесса промывки хлопчатобумажных тканей в высокоскоростных промывных машинах : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 / А. А. Щеголев. – М., 1982. – 256 с.

2. Смирнова, О. В. Комплексный анализ хлопчатобумажных тканей как объекта промывки и разработка метода расчета процесса промывки : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 / О. В. Смирнова. – М., 1983. – 140 с.
3. Ахназарова, С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии : учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1985. – 327 с.
4. Кассандрова, О. Н. Обработка результатов наблюдений : учеб. пособие для вузов / О. Н. Кассандрова, В. В. Лебедев. – М. : Наука, 1970. – 104 с.
5. Kosheleva, M. K. Study and Engineering Calculation of the Washing-Off of Knitted Fabrics / M. K. Kosheleva, A. A. Shchegolev, V. A. Reutskii // *Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*. – 2004. – No. 6(281). – P. 116 – 118.
6. Kosheleva, M. K. Improving the Scouring Efficiency of Cotton Fabrics after Mercerizing by Using Ultrasonics / M. K. Kosheleva, A. A. Shchegolev, V. A. Reutskii // *Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*. – 2002. – No. 1(265). – P. 108 – 111.
7. Kosheleva, M. K. The Influence of Physical Fields on Kinetic Coefficients in the Process of Extracting Contaminants from Fabric / M. K. Kosheleva, M. Z. Tsintsadze // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 254 – 261. doi: 10.17277/vestnik.2020.02.pp.254-261
8. Kosheleva, M. K. A Resource-Saving Process of Extracting Industrial Contaminants from Fibrous Material / M. K. Kosheleva, O. R. Dorniyak, M. Z. Tsintsadze // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2020. – Т. 26, № 3. – С. 411 – 420. doi: 10.17277/vestnik.2020.03.pp.411-420

Equilibrium in the “Fibrous Material – Sodium Hydroxide Solution” System

M. K. Kosheleva^{1✉}, M. Z. Tsintsadze¹, O. R. Dorniyak²

Department of the Energy-efficient and Resource-efficient Technologies, Industrial Ecology and Safety (1), otxpaxt@yandex.ru; Kosygin State University of Russia, Moscow, Russia; Department of the Electrical Engineering (2); Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Keywords: fibrous material; desorption; equilibrium; sorption; extraction.

Abstract: For typical fibrous cotton materials, the equilibrium in the fibrous material-sodium hydroxide solution system was studied and analyzed. Sorption characteristics are necessary when calculating the process of alkali extraction after mercerization of cotton fibrous materials. The curves of sorption and desorption kinetics for typical light and medium density cotton flat fibrous materials are presented. The results obtained make it possible to determine the equilibrium constants during sorption and desorption of alkali from the studied processing objects.

References

1. Shchegolev A.A. *PhD Dissertation (Engineering)*, Moscow, 1982, 256 p. (In Russ.)
2. Smirnova O.V. *PhD Dissertation (Engineering)*, Moscow, 1983, 140 p. (In Russ.)
3. Ahnazarova S.L., Kafarov V.V. *Metody optimizacii eksperimenta v himicheskoy tekhnologii* [Methods for optimizing experiments in chemical technology], Moscow: Vysshaya shkola, 1985, 327 p. (In Russ.)

4. Kassandrova O.N., Lebedev V.V. *Obrabotka rezul'tatov nablyudenij* [Processing of observation results], Moscow: Nauka, 1970, 140 p. (In Russ.)
5. Kosheleva M.K., Shchegolev A.A., Reutskii V.A. Study and Engineering Calculation of the Washing-Off of Knitted Fabrics, *Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2004, no. 6(281), pp. 116-118.
6. Kosheleva M.K., Shchegolev A.A., Reutskii V.A. Improving the Scouring Efficiency of Cotton Fabrics after Mercerizing by Using Ultrasonics, *Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2002, no. 1(265), pp. 108-111.
7. Kosheleva M.K., Tsintsadze M.Z. The Influence of Physical Fields on Kinetic Coefficients in the Process of Extracting Contaminants from Fabric, *Transactions of the Tambov Technical University*, 2020, vol. 26, no. 2, pp. 254-261 doi: 10.17277/vestnik.2020.02.pp.254-261
8. Kosheleva M.K., Tsintsadze M.Z. A Resource-Saving Process of Extracting Industrial Contaminants from Fibrous Material. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2020, vol. 26, no. 3, pp. 411-420, doi: 10.17277/vestnik.2020.03.pp.411-420
-

Gleichgewicht im System „Fasermaterial – Natriumhydroxid Lösung“

Zusammenfassung: Die Untersuchung und Analyse des Gleichgewichts im System „Fasermaterial – Natriumhydroxid Lösung“ ist für typische Baumwollfasermaterialien durchgeführt. Die Sorptionseigenschaften sind für die Berechnung des Prozesses der Alkaliextraktion nach der Mercerisierung von Baumwollfasermaterialien erforderlich. Es sind Sorptions- und Desorptionskinetikkurven für typische leichte und mittelschwere Baumwollflachfasermaterialien vorgestellt. Die erzielten Ergebnisse ermöglichen es, die Gleichgewichtskonstanten der Sorption und Desorption von Alkali aus den untersuchten technologischen Verarbeitungsobjekten zu bestimmen.

Équilibre dans le système «matériau fibreux – solution d'hydroxyde de sodium»

Résumé: Pour les matériaux de coton fibreux typiques, sont effectuées l'étude et l'analyse de l'équilibre dans le système «matériau fibreux – solution d'hydroxyde de sodium». Les caractéristiques de sorption sont nécessaires dans le calcul du processus d'extraction de l'alcali après la mercerisation des fibres de coton. Sont présentées les courbes de cinétique de sorption et de désorption pour les tissus fibreux plats de coton de densité moyenne et légère typiques. Les résultats obtenus permettent de déterminer les constantes d'équilibre lors de la sorption et de la désorption de l'alcali à partir des objets de traitement étudiés.

Авторы: *Кошелева Мария Константиновна* – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Энергоресурсоэффективные технологии, промышленная экология и безопасность»; *Цинцадзе Марина Зиевна* – старший преподаватель кафедры «Энергоресурсоэффективные технологии, промышленная экология и безопасность», ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия; *Дорняк Ольга Роальдовна* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники, теплотехники и гидравлики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия.
