

Розробка заходів з ресурсо- та енергозбереження в електродному виробництві

Разработка мероприятий по ресурсо- и энергосбережению в электродном производстве

The development of resources and energy saving measures in the electrode production

1. Номер державної реєстрації теми - 0113U002302, НТУУ «КПІ» - 2641-п.

2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Панов Є.М., Панов Е.Н., Panov Evgen M.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблена оновлена технологія електродного виробництва у вигляді сукупності нових і модернізованих технологічних регламентів та конструкцій промислового обладнання. Обґрунтовано доцільність розробки заходів з ресурсо- та енергозбереження електродного виробництва. Одержано експериментальні температурні залежності фізичних властивостей вуглевмісних матеріалів. Розроблено технічні рішення з модернізації діючого обладнання, зокрема, мінімізовано багата стадійний технологічний процес одержання наповнювача та розроблено ескізний проект печі для прямого графітування електродних виробів, який забезпечує покращені технологічні параметри процесу одержання електродів. Розроблено фізичні, математичні і числові моделі теплоелектричного, механічного та тепло-гідродинамічного стану технологічних процесів, що відбуваються у промисловому обладнанні, зокрема, у електрокальцинаторах, печах випалювання та графітування непрямого та прямого нагрівання, які необхідні для числового аналізу технологічних та конструктивних параметрів модернізованого устаткування. Проведено числовий аналіз фізичних полів діючого та модернізованого обладнання при його експлуатації на діючих та модифікованих регламентах та виконано зіставлення отриманих результатів. Розроблено методики визначення втрат електроенергії до входу у піч графітування Ачесона змінного струму та прогнозування технологічних параметрів переділу випалу «зелених» заготовок залежно від графіка зміни температури димових газів під склепінням печі. Створені технологічні регламенти випалювання електродної продукції в печах випалу, які реалізують ресурсо- та енергозбереження і зменшення виходу бракованих виробів та графітування довгомірної продукції у печах непрямого нагріву постійного струму, що забезпечують необхідну якість продукції й цілісність конструкції печі. Проведена науково-обґрунтована експертиза запропонованих технічних рішень (заходів) з ресурсо- та енергозбереження в електродній промисловості. Результати роботи впроваджено у виробництво.

(рос.)

Разработана усовершенствованная технология электродного производства в виде совокупности новых и модернизированных технологических регламентов и конструкций промышленного оборудования. Обоснована целесообразность разработки мероприятий по ресурсо- и энергосбережению электродного производства. Получены экспериментальные температурные зависимости физических свойств углеродосодержащих материалов. Разработаны технические решения по модернизации действующего оборудования, в частности, минимизирован многостадийный технологический процесс получения наполнителя и разработан эскизный проект печи для прямого графитирования электродных изделий, обеспечивающая улучшенные технологические параметры процесса получения электродов. Разработаны физические, математические и численные модели теплоэлектрического, механического и тепло-гидродинамического состояния технологических процессов, происходящих в промышленном оборудовании, в частности, в электрокальцинаторах, печах обжига и графитирования косвенного и прямого нагрева, необходимые для численного анализа технологических и конструктивных параметров модернизированных установок. Проведен численный анализ физических полей действующего и модернизированного оборудования при его эксплуатации на действующих и модифицированных регламентах и выполнено сопоставление полученных

результатов. Разработаны методики определения потерь электроэнергии до входа в печь графитирования Ачесона переменного тока и прогнозирования технологических параметров передела обжига «зеленых» заготовок в зависимости от графика изменения температуры дымовых газов под сводом печи. Созданы технологические регламенты обжига электродной продукции в печах обжига, реализующие ресурсо- и энергосбережение и снижение выхода бракованных изделий и графитирование длинномерной продукции в печах косвенного нагрева постоянного тока, обеспечивающие необходимое качество продукции и целостность конструкции печи. Проведена научно-обоснованная экспертиза предложенных технических решений (мероприятий) по ресурсо- и энергосбережению в электродной промышленности. Результаты работы внедрены в производство.

(англ.)

The updated technology of electrode production has been developed as a sum of new and modernized technological schedules and industry equipment constructions. The actuality of the design of resources and energy saving measures in the electrode production was stated. The experimental temperature dependence of carbon materials physical properties was proved. Technical solutions of current equipment modernization were found out. In particular, multistage technological process of filler production was minimized; pilot project of the furnace for direct graphitization of electrode products was developed. The furnace possesses enhanced technological parameters of the electrode production process. Physical, mathematical and numerical models of the thermoelectrical, mechanical, thermal and hydrodynamic state of technological processes in industrial equipment were also developed, particularly, in electric calcinators, baking furnaces and furnaces for direct and indirect heating, which are necessary for numerical analysis of technological and constructional parameters of modernized equipment. The numerical physical fields analysis of the current and modernized equipment during its operation according to the current and updated technological schedules was held. The obtained results were compared. The methods were developed, which enable to determine electrical energy losses before entering to the Acheson's AC current graphitization furnace and to foresee technological parameters of the baking "green" depending on the gas temperature change in the furnace. The technological schedule for baking electrode products in the backing furnaces was created, which provides resources and energy saving, the reduction of flawed products and graphitization of longwise products in the indirect heating furnaces, which provide the required product quality and consistency of the furnace construction. The scientific expertise of the proposed technical solutions (measures) of resources and energy saving in the electrode industry was held. The results of the work have been introduced into the industry.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Пат. на корисну модель 75170 України, кл. МПК G01N 25/18 (2006.01). Спосіб вимірювання теплопровідності матеріалу / Т. В. Чирка, Г. М. Васильченко; заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». — № у 2012 05098 ; заявл. 24.04.2012 ; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22. — 2 с.;
- Установка для вимірювання питомого електричного опору вуглецевих матеріалів при високих температурах: Пат. на корисну модель 91145 України, кл. МПК G01R 27/02 (2006.01). / Г.М. Васильченко, А.Я. Карвацький, Т.В. Чирка, А.О. Маловацький; Заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». — № у 2013 15538; Заявл. 30.12.2013; Опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12. — 2 с.
- Пат. на корисну модель 93166 України, кл. МПК G01R 27/02 (2006.01). Установка для вимірювання питомого електричного опору вуглецевих матеріалів при високих температурах / Г.М. Васильченко, Т.В. Чирка, Т.В. Лазарєв, А.О. Маловацький; заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». — № у 2014 02290; заявл. 06.03.2014; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18. — 3 с.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Розробки НДР за своїм науково-технічним рівнем, зокрема, за рівнем температур технологічних процесів та показниках якості готового продукту, відповідають світовим аналогам, але за конструктивними характеристиками обладнання та регламентами його

експлуатації дещо відрізняються: SGL GROUP – The Carbon Company – провідний світовий виробник електродної продукції, використовує у технологічному циклі печі Ачесона і Кастнера; Elkem Carbon Division – провідний світовий виробник графітованого коксу – розробила електропечі нового покоління – електрокальцинатори безперервної дії, які забезпечують високу робочу температуру (до 2200–3000 °С).

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розробок НДР в промисловості має вагомі техніко-економічні показники, які полягають у наступному:

- підвищенні якості наповнювача на 15–20 % за рахунок збільшення однорідності його фізичних властивостей;
- зменшенні виходу бракованих виробів на 7–10 % в печах випалу та ПВЕ на 10 % при графітуванні довгомірної продукції у печах непрямого нагріву Ачесона постійного струму;
- зменшенні тривалості процесу графітування більш ніж у 4-5 разів та питомих витрат електроенергії більш ніж у 1,5 рази за рахунок впровадження печей прямого нагрівання Кастнера.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Підприємства електродної та металургійної промисловості – ПАТ «Укрграфіт», МК «Запоріжсталь», ПАТ Електрометалургійний завод «Днепрспецсталь» та ін.

8. Стан готовності розробки.

Розроблена оновлена технологія електродного виробництва, що включає нові і модернізовані технологічні регламенти та конструкції промислового обладнання, пройшла експериментальну перевірку в умовах виробництва на ПАТ «Укрграфіт». Зокрема, технологічні регламенти пуску та експлуатації електрокальцинатора при безперервній термообробці антрациту та графітуванні нафтового коксу, технологічний регламент випалювання «зелених» заготовок у печах Рідгамера та технологічний регламент графітування довгомірних заготовок у печах Ачесона вже пройшли промислову апробацію і тому можуть бути впроваджені на інших підприємствах електродної промисловості.

9. Існуючі результати впровадження.

Основні теоретичні положення роботи, що пов'язані з числовим моделюванням, викладені у двох монографіях: «Теплообмен в многокамерных печах обжига углеграфитовых изделий» і «Теплоэлектрическое состояние печей графитирования Ачесона». За матеріалами роботи захищено дві кандидатські дисертації на теми: «Підвищення ефективності роботи печей випалу вуглеграфітових виробів» і «Удосконалення теплових і енергетичних показників процесу графітування в печах непрямого нагріву». Видано навчальний посібник з грифом МОН України на тему: «Моделювання енергозберігаючих регламентів промислового обладнання». Результати роботи впроваджено у виробництво на ПАТ «Укрграфіт» м. Запоріжжя. Предметом впровадження є технічні рішення з метою забезпечення ресурсоенергозбереження в електродній промисловості та мінімізації техногенного впливу на довкілля. Результати НДР у вигляді технічних рішень і ескізних проектів також можуть застосовуватись на підприємствах металургійної промисловості – МК «Запоріжсталь», ПАТ Електрометалургійний завод «Днепрспецсталь» та ін.

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ "КПІ", інженерно-хімічний факультет, науково-дослідний центр «Ресурсозберігаючі технології» (НДЦ «РТ»), 406-83-09, admin@rst.kiev.ua

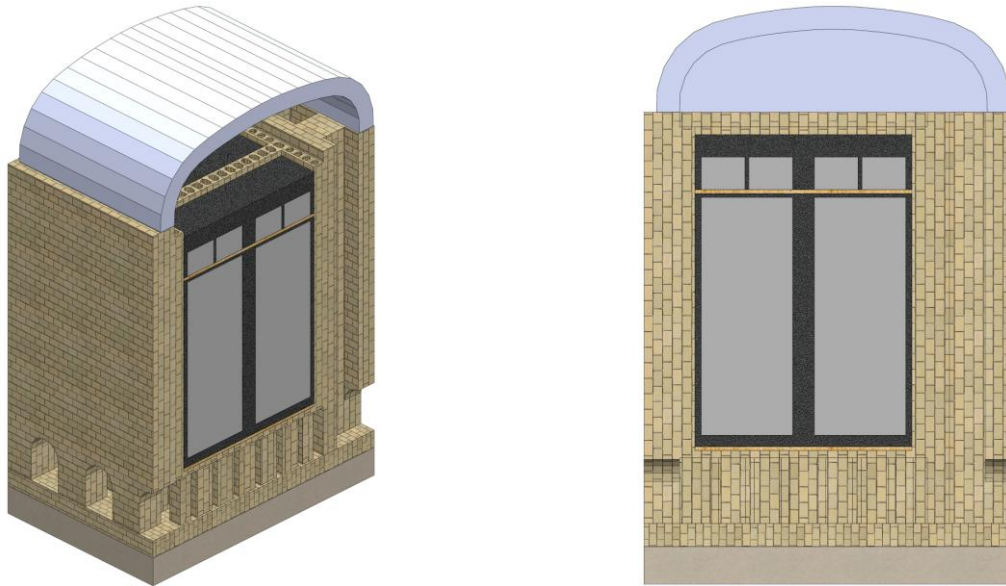
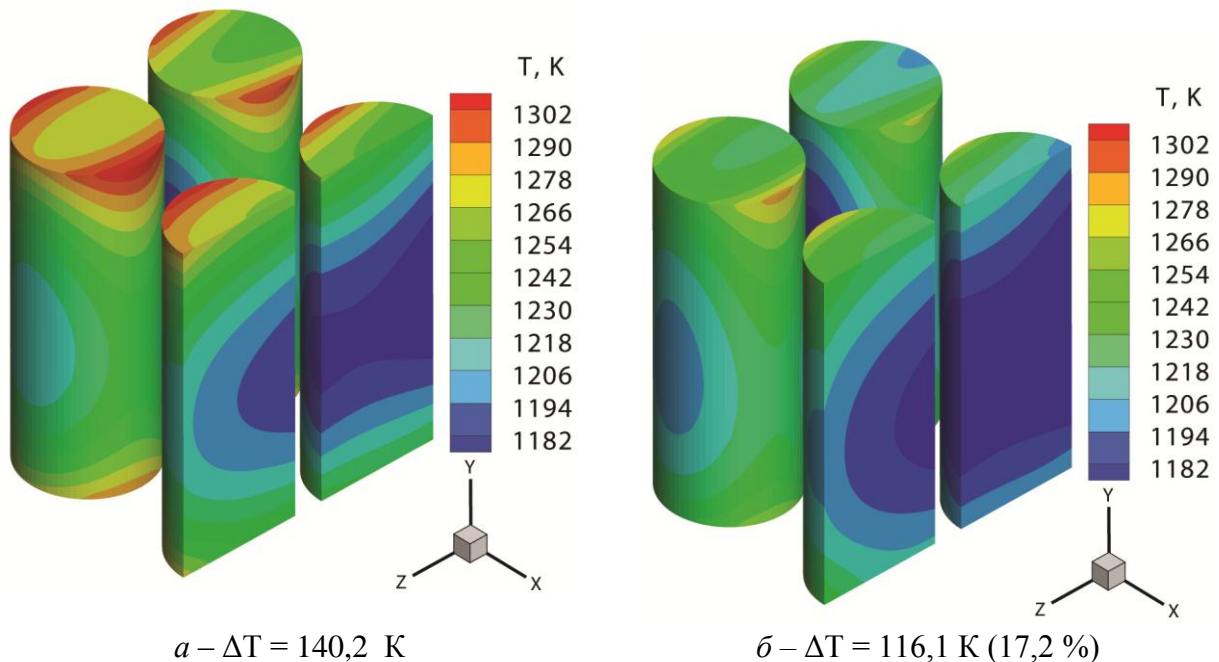


Схема завантаження заготовок у камері печі випалювання з використанням шару тирси у шарі засипки

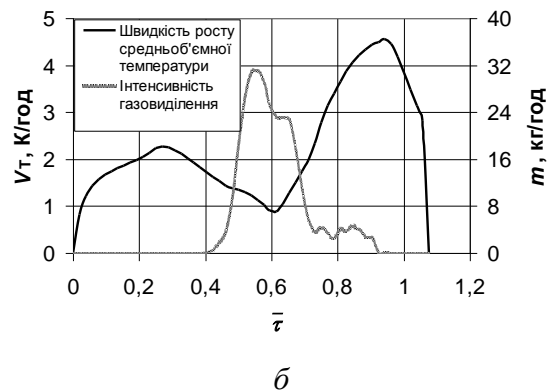
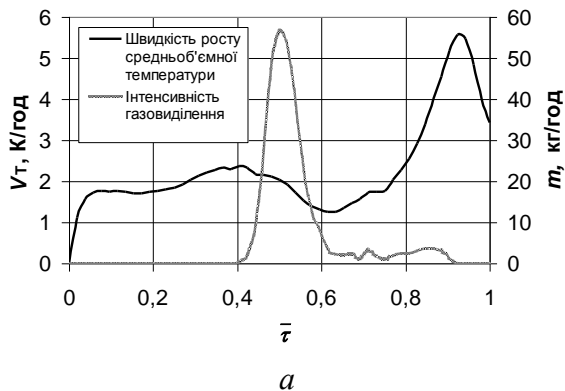
Розподіл температури у заготовках на кінець кампанії випалу у камері печі без (а) та з використанням тирси (б) в шарі засипки



а – $\Delta T = 140,2 \text{ K}$

б – $\Delta T = 116,1 \text{ K (17,2 \%)}$

Діючий (а) та розроблений (б) регламенти випалювання



V_T – швидкість розігріву виробів; m – інтенсивність газовиділення заготовок;
 $\bar{\tau}$ – безрозмірний час

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Теплообмен в многокамерных печах обжига углеграфитовых изделий [Текст] : моногр. / И. В. Пулинец, Е. Н. Панов, А. Я. Карвацкий и др. – К.: НТУУ «КПИ», 2014. – 175 с.
2. Теплоэлектрическое состояние печей графитирования Ачесона [Текст] : моногр. / С. В. Лелека, Е. Н. Панов, А. Я. Карвацкий и др. – К.: НТУУ «КПИ», 2014. – 238 с.
3. Карвацький А.Я. Моделювання енергозберігаючих регламентів промислового обладнання : навч. посіб. – К.: НТУУ «КПИ», 2014. – 234 с. Гриф надано Міністерством освіти і науки України (Лист № 1/11-2299 від 11.02.2014 р.)
4. Influence of Pressure on the Effective Thermal Conductivity and Electrical Resistivity of Coke / E.N. Panov, G.N. Vasil'chenko, S.M. Konstantinov, T.V. Chirka // Coke and chemistry. — 2014. — Vol. 57, No. 3. — P. 112—116.
5. Complex heat transfer at directed crystallization of semitransparent materials / V. I. Deshko, A. Ya. Karvatskii, A. M. Kudin, Yu. V. Lokhmanets // Functional Materials. — 2014. — 21, No.1. — P. 92—104.
6. Deshko V. I. Heat and mass transfer in cross-flow air-to-air membrane heat exchanger / V. I. Deshko, A. Ya. Karvatskii, I. O. Sukhodub // Book of abstracts International Symposium on Convective Heat and Mass Transfer, June 8-13, 2014, Kusadasi, Turkey, Begell House. — P. 57.
7. Зниження концентрації СО за рахунок установки конверсії монооксиду вуглецю / А.Я. Карвацький, І. Л. Шилович, Л. В. Крутоус, С. В. Кутузов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 2/11 (62). — С. 38—41.
8. Удельное электрическое сопротивление углеродных материалов / В. В. Буряк, Г. Н. Васильченко, Т. В. Чирка [и др.] // Новые огнеупоры. — 2013. — № 5. — С. 48—52.
9. Математическая модель процесса газификации твердого топлива в псевдооживленном слое / Е. Н. Панов, А. Я. Карвацкий, Т. Б. Шилович, Т. В. Лазарев, А. С. Мороз // Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 2014. — № 5. — С. 27—33.
10. Влияние давления на эффективную теплопроводность и удельное электрическое сопротивление каменноугольного кокса / Е.Н. Панов, Г.Н. Васильченко, С.М. Константинов, Т.В. Чирка // Кокс и химия. — 2014. — № 3. — С. 27—31.
11. Пулинец И. В. Влияние технологических параметров процесса обжига на качество углеграфитовых заготовок / И. В. Пулинец // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2012. — № 6. — С. 59—62.
12. Лазарев Т. В. Моделювання теплоелектричного стану за допомогою OpenFoam / Т. В. Лазарев // Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження : зб. наук. праць. — 2013. — №1(11). — С. 26—30.