

На правах рукопису

УДК 536.531: 621.928.9

ВАНКЕВИЧ

Петро Іванович

**ТЕПЛОВА ДІАГНОСТИКА ОБЕРТОВИХ ТЕПЛОВИХ
АГРЕГАТІВ**

Спеціальність 05.11.04 - Прилади і методи вимірювання
теплових величин

01.02.04 - Механіка деформівного
твердого тіла

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Робота виконана у Львівському політехнічному інституті

ЛННБ України ім. В. Стефаника



00816855 (X)

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор,
академік АІН України
КУРІТНИК І. П.

Офіційні опоненти - доктор фізико-математичних наук,
професор, академік АІН України
ПРОХОРЕНКО В. Я. (м. Львів)

- кандидат технічних наук, доцент
ВИЧКОВСЬКИЙ Р. В. (м. Львів)

Провідне підприємство - НВО "ЕЛЕКТРОТЕРМОМЕТРІЯ" (м. Луцьк)

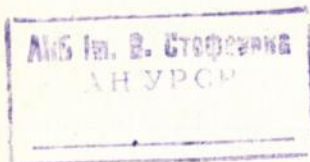
Захист відбудеться "25" грудня 1992 р. в 14¹⁵ год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д. 068.36.04
при Львівському політехнічному інституті
(290013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12)

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці
Львівського політехнічного інституту
(290013, м. Львів, вул. Професорська, 1)

Автореферат розісланий "17" листопада 1992 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к. т. н.

Я. Т. ЛУЦЬК



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. Подальше збільшення виробництва і випуску кольорових металів, будівельних матеріалів і продуктів хімічних виробництв передбачається шляхом більш повного використання діючого обладнання і корінної реконструкції існуючих технологій.

Головним обладнанням названих виробництв являються обертові теплові агрегати (ОТА) безперервної дії. Широке поширення ОТА обумовлено наступними їх перевагами:

висока одинична продуктивність, що робить ОТА незамінними для масових виробництв;

універсальність, можливість реалізації періодичних і неперервних процесів, широкий діапазон матеріалів, які обробляються, з різними фізико-механічними властивостями;

висока економічність внаслідок раціональності і універсальності конструкції.

Переозброєння технологічних ліній з ОТА не може бути здійснено без їх оптимізації, а також застосування ефективного експрес-контролю та діагностики, як своєрідного гаранту якості і надійності обладнання.

Діагностування являє собою процес визначення технічного стану об'єкта і реалізується у вигляді системи, яка складається із засобів діагностики (вимірювачів параметрів технічного стану), об'єкта діагностики і оператора.

Теплова діагностика є одним із розділів технічної діагностики, в якому підконтрольними параметрами можуть бути тільки температура, теплове випромінювання та їх розподіл в просторі і часі.

Основним фактором, що стримує розробку та впровадження систем теплової діагностики ОТА, являється відсутність надійних засобів діагностики (термовимірювачів), здатних вимірювати температуру поверхонь ОТА.

Існуючі термовимірювачі, призначені для вимірювання температури рухомих поверхонь, не дозволяють вимірювати температуру поверхонь ОТА через велику кількість факторів, що виникають при роботі ОТА (температура, механічні і вібраційні навантаження, стан поверхні, середовища та ін.).

Одним з найбільш перспективних напрямків по створенню термовимірювачів, здатних вимірювати температуру поверхонь ОТА, являється контактний метод, що базується на короткочасному переміщенні термочутливого елемента термоперетворювача, контактуючого з

досліджуваною поверхнею. Однак, відсутність глибоких теоретичних та експериментальних проробок в даному напрямку не дозволяє створити точні і надійні засоби температурного вимірювання, здатні функціонувати в системах теплової діагностики ОТА.

Досі немає чітких уявлень про вплив температурного фактора на напружено-деформований стан футерівки, корпусу і бандажів ОТА. Мало уваги приділено вивченню дефектів та пошкоджень елементів ОТА, що знаходяться під впливом підвищених температур, характеру їх виявлення. Вимагає розв'язку задача визначення технічного стану елементів ОТА по відомих значеннях температури їх поверхонь.

Робота присвячена розв'язуванню згаданих задач і виконувалась в рамках науково-дослідних і експериментально-конструкторських робіт науково-дослідної лабораторії (НДЛ-36) Львівського політехнічного інституту.

МЕТА РОБОТИ полягає в розробці засобів і методики теплової діагностики ОТА.

ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дослідження температурних режимів ОТА, визначення елементів ОТА, що знаходяться під впливом підвищених температур; дослідження найбільш ймовірних дефектів та пошкоджень елементів ОТА по відомих значеннях температури їх поверхонь; створення узагальненої математичної моделі контактного методу вимірювання температури поверхні; розробка конструкції термоперетворивача для короточасних контактних замірів температури; розробка конструкцій засобів вимірювань температури ОТА підвищеної точності, а також пристроїв спряження об'єкта і універсальних засобів діагностування.

НАУКОВА НОВИЗНА. Створена узагальнена математична модель контактного методу вимірювання температури рухомих поверхонь ОТА і по результатах її аналізу обгрунтовані взаємозв'язки між конструктивними елементами термоперетворивача для короточасних контактних замірів температури;

виявлені закономірності зміни температури поверхонь ОТА, що знаходяться під впливом підвищених температур;

теоретично обгрунтовані і експериментально підтверджені взаємозв'язки між стабільністю теплового потоку і технічним станом елементів ОТА;

одержані аналітичні залежності, які описують термонапружений стан елементів ОТА, що знаходяться під впливом підвищених температур.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ результатів, отриманих в дисертаційній роботі, полягає в наступному:

розроблені нові універсальні контактні пристрої для вимірювання температури різноманітних рухомих поверхонь, захищені авторськими свідоцтвами;

оптимізовані конструктивні елементи термоперетворювачів для короткочасних контактних замірів температури;

розроблена безконтактна світлооптична система для вимірювання температури обертових поверхонь з покращеними метрологічними характеристиками, захищена авторським свідоцтвом;

запропоновано алгоритм теплової діагностики, який дозволяє визначити технічний стан ОТА;

запропонована методика визначення термонапруженого стану елементів ОТА по відомих значеннях температури їх поверхонь, яка дозволяє характеризувати технічний стан даних елементів;

результати роботи дозволили розробити конструкції елементів ОТА, які володіють покращеними тепловими характеристиками і підвищеною стійкістю до теплової дії.

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ. Система теплової діагностики знайшла застосування при визначенні технічного стану ОТА, що експлуатуються на Карачаєво-Черкеському цементному заводі.

Розроблені контактні пристрої застосовуються при вимірюванні температури корпусів ОТА Сумського ВО "Хімпром".

НА ЗАХИСТ ВІНОСЯТЬСЯ:

результати теоретичних і експериментальних досліджень умов теплообміну при короткочасному контактному вимірюванні температури рухомих поверхонь;

конструкції засобів вимірювання температури рухомих поверхонь;

результати досліджень температурних режимів ОТА;

алгоритм теплової діагностики ОТА;

методика визначення термонапруженого стану елементів ОТА, що знаходяться під впливом підвищених температур.

АПРОВАЦІЯ РОБОТИ. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на всеукраїнській науково-технічній конференції "Фундаментальні дослідження і нові технології в будівельному матеріалознавстві" (Белгород, 1989), трьох науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Львівського політехнічного інституту 1989 - 1991 р.

ПУБЛІКАЦІЇ. Основні положення і результати дисертаційної роботи викладено в 14 друкованих роботах.

СТРУКТУРА І ОБ'ЄМ РОБОТИ. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, додатка, викладена на 155 сторінках друкованого тексту, містить 41 рисунок, 8 таблиць і 104 найменування бібліографічного списку.

ЗМІСТ РОБОТИ

У ВСТУПІ обгрунтована актуальність роботи, сформульовані мета і завдання досліджень, приведені основні результати і положення, які подаються автором до захисту.

В ПЕРШОМУ РОЗДІЛІ розглянуто загальні питання технічної діагностики, приведена класифікація параметрів, що характеризують технічний стан ОТА. Параметр "температура" відноситься до функціональних параметрів механічного обладнання, в основі якого лежать теплові процеси. Проаналізована роль теплової діагностики, яка включає в себе систему знань, починаючи від засобів вимірювання температури і закінчуючи складною фізико-математичною системою обробки вимірюваного параметру, в загальній системі технічної діагностики механічного обладнання. Представлена і проаналізована загальна структурна схема системи теплової діагностики.

Проведено аналіз ОТА як об'єктів дослідження. Розглянуто конструктивні особливості елементів ОТА, проаналізовані показники, які мають вирішальний вплив на працездатність ОТА. Сформульовані вимоги, що проєд'являються до засобів вимірювання температури поверхонь ОТА, оскільки такі вимірювачі повинні працювати в складних умовах, зазнають багатофакторної дії як з боку обертальних агрегатів (температура; механічні, вібраційні навантаження; лінійні, обертальні переміщення), так і з боку навколишнього середовища (температура, зміна теплофізичних властивостей), вплив яких вивчено ще не достатньо.

Проведено аналіз існуючих методів вимірювання температури рухомих поверхонь з метою визначення можливості їх застосування для вимірювання температури поверхонь ОТА. Основна увага приділена питанням вимірювання температури безконтактними і контактними методами. Показано, що найефективнішим для вимірювання температури поверхонь ОТА є метод, який ґрунтується на короткочасному контактному вимірюванні температури.

Визначено об'єм робіт по розробці системи теплової діагностики ОТА.

В ДРУГОМУ РОЗДІЛІ проведено теоретичні дослідження умов теплообміну при контактному вимірюванні температури поверхні. В результаті створена узагальнена математична модель контактного методу вимірювання температури поверхні. Геометрична модель термоперетворювача являє собою пластину товщиною δ , шириною n , і довжиною m . Товщина пластини незначна в порівнянні з параметрами n і m (рис. 1). Математичний опис моделі контактного методу вимірювання температури поверхні одержано на основі рівнянь теплопровідності і аналітичного вираження граничних умов:

$$\frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2} = \frac{\rho \cdot c}{\beta} \times \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} - H_1 [T(0, \tau) - t_1] &= 0 \\ \frac{\partial T(\delta, \tau)}{\partial x} + H_2 [T(\delta, \tau) - t_2] &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де τ - час, ρ - густина, c - питома теплоємність матеріалу, β - коефіцієнт теплопровідності, x - змінна координата, H_1 , H_2 - критерії Біо, які характеризують теплообмін між термоперетворювачем і досліджуваною поверхнею, і термоперетворювачем і навколишнім середовищем, t_1 - температура досліджуваної поверхні, t_2 - температура середовища.

Одержана залежність розподілу температури по товщині пластини дозволяє оптимізувати конструктивне виконання термоперетворювача. На рис. 2 представлені графічні залежності для сталевих пластин при різних значеннях δ ; H_1 ; H_2 . Незмінні параметри мають значення $t_1 = 250$ С; $t_2 = 70$ С, розподіл температури по товщині пластини до зіткнення з гріючим середовищем постійний і дорівнює $T_0 = 30$ С.

Як видно з графіків (рис. 2), вирішальний вплив на швидкість

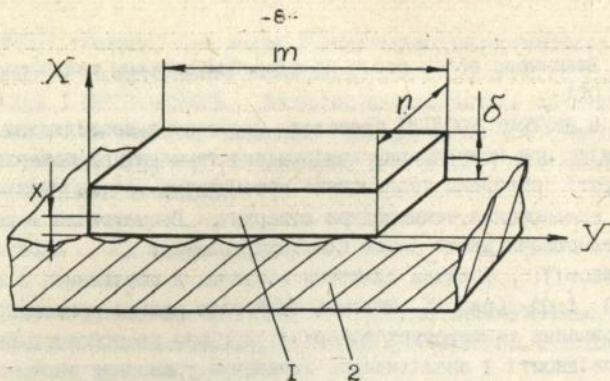


Рис. 1. Геометрична модель термоперетворювача:
1 - пластина; 2 - піддослідна поверхня.

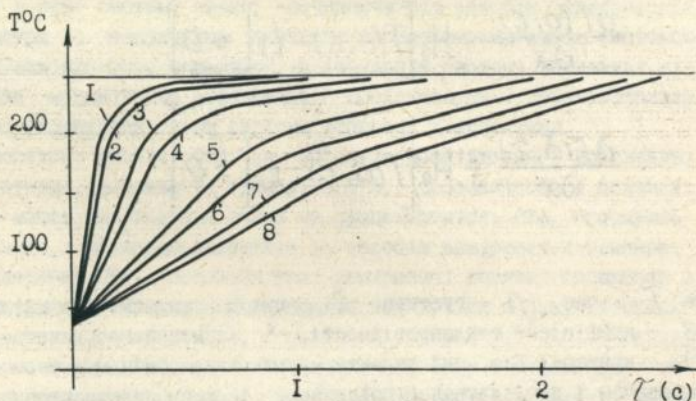


Рис. 2. Залежності температури зовнішньої поверхні пластини термоперетворювача від часу прогріву для різних значень H_1 ; H_2 і δ :
1- $H_1=18, H_2=0, \delta=0,1\text{мм}$; 2- $H_1=18, H_2=0, \delta=3\text{мм}$; 3- $H_1=15, H_2=0,01, \delta=0,1\text{мм}$; 4- $H_1=15, H_2=0,01, \delta=3\text{мм}$; 5- $H_1=5, H_2=1,0, \delta=0,1\text{мм}$; 6- $H_1=5, H_2=1, \delta=3\text{мм}$; 7- $H_1=0,15, H_2=1,0, \delta=0,1\text{мм}$; 8- $H_1=0,15, H_2=1, \delta=3\text{мм}$.

прогріву пластини здійснюють коефіцієнти B_{10} H_1 і H_2 , що характеризують умови теплообміну між пластиною і нагріваючим середовищем, а також пластиною і навколишнім середовищем. Найбільш оптимальними умовами розігріву являються умови, при яких коефіцієнти H_1 і H_2 будуть прямувати до наступних значень: $H_1 \rightarrow \infty$; $H_2 \rightarrow 0$, тобто між пластиною і гріючим середовищем існує ідеальний тепловий контакт, а також коли між пластиною і навколишнім середовищем має місце теплова ізоляція.

Розроблені конструкції контактних засобів вимірювання температури поверхонь ОТА, принципова схема одного із яких приведена на рис. 3. В процесі роботи пристрою (рис. 3) забезпечується короткочасний контакт між термоперетворювачами і досліджуваною поверхнею. Одержано аналітичні залежності, що дозволяють визначати основні робочі параметри пристроїв.

Розроблено конструкцію світлооптичної системи, термочутливий елемент якої виконано у вигляді пластин, закріплених на поверхні обертання об'єкта. Верхня пластина має Г-подібну форму, а на зовнішній поверхні нижньої пластини нанесена растрова решітка. Виконані пластини з матеріалів з різними значеннями коефіцієнтів лінійного теплового розширення. При нагріванні має місце відносне зміщення пластин, тобто змінюється кількість видимих ліній растру, яка фіксується світлочутливим лічильником.

Одержано аналітичну залежність для градування термочутливого елемента світлооптичної системи

$$n' = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)L_1(T_H - T_c)}{l_c + \alpha_1(T_H - T_c)}, \quad (3)$$

де n' - кількість видимих ліній растру; α_1 , α_2 - коефіцієнти лінійного теплового розширення нижньої і верхньої пластин; L_1 - довжина пластин; l_c - відстань між лініями растру; T_c - температура пластин до розігріву; T_H - температура пластин після розігріву.

Розроблено конструкцію струмознімального пристрою, який забезпечує передачу електричного сигналу від стаціонарних засобів вимірювання температури, при здійсненні об'єктом діагностування, крім обертального, значних лінійних переміщень.

В ТРЕТЬОМУ РОЗДІЛІ досліджено температурні режими елементів

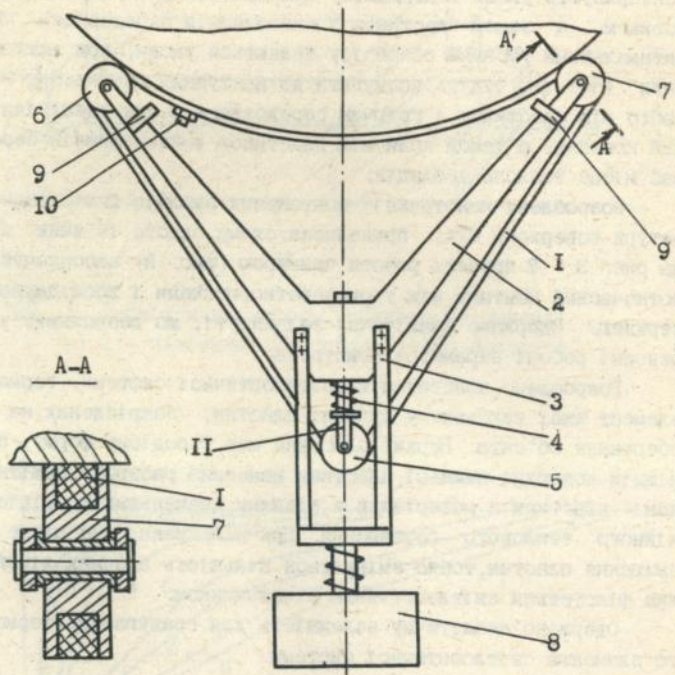


Рис. 3. Пристрій для вимірювання температури обертових поверхонь: I - еластичний ремінь; 2 - основа; 3 - кронштейн; 4 - пружина; 5, 6 і 7 - ролики; 8 - механізм подачі та повороту; 9 - кінцеві вимикачі; 10 - термоперетворювач; II - шток.

ОТА, які зазнають підвищеного теплового впливу. Дослідження були проведені на найскладніших і працюючих в найжорсткіших температурних режимах ОТА - обертових печах.

Вимірювання температури проводились з допомогою розроблених і приведених в розділі 2 засобів теплової діагностики.

В результаті досліджень було встановлено, що великий вплив на нестабільність температурних полів елементів ОТА мають термосилові і механічні фактори. Так, наприклад, підвищені температурні напруження, які виникають у футерівці, приводять до її руйнування, що миттєво викликає зміну теплового потоку через корпус.

Досліджено найбільш ймовірні дефекти і пошкодження елементів ОТА, умови і ознаки їх проявляння. Показано, що більшості пошкоджень елементів ОТА передують підвищені температурні деформації, які характеризуються максимальними температурними напруженнями σ_{\max} . Тому контроль σ_{\max} , які є функцією температури, порівняння їх з відповідними допустимими значеннями $|\sigma|$ і коректування температурного режиму ОТА при перевищенні σ_{\max} допустимих значень $|\sigma|$ дозволить попередити дефекти і пошкодження, які викликаються підвищеними температурними деформаціями. Дефекти і пошкодження, що мають механічну природу, не викликають перед своєю появою зміни температурних факторів, тому вони не можуть бути попереджені методами теплової діагностики. Однак, при появі вони миттєво викликають зміну теплового потоку.

Визначено допустимі значення для всіх параметрів і характеристик технічного стану елементів ОТА.

Розроблено алгоритм теплової діагностики ОТА, який може бути застосований для вирішення кожної з задач:

- перевірки несправності;
- перевірки працездатності;
- перевірки функціонування;
- пошуку дефектів.

ЧЕТВЕРТИЙ РОЗДІЛ присвячений теоретичним дослідженням впливу температури на напружений стан елементів ОТА.

Розв'язана задача теплопровідності для футерівки і корпусу ОТА з врахуванням неідеального теплового контакту між ними. Геометрична модель футерівки і корпусу являє собою суцільний циліндр з параметрами: r_0 - внутрішній радіус циліндра; r_1 - радіус, що розділяє шари циліндра; r_2 - зовнішній радіус циліндра.

Залежності, які описують розподіл температури в шарах циліндра, одержані з рівнянь теплопровідності і аналітичного виразу граничних умов:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 T_1(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT_1(r)}{dr} &= 0 \\ \frac{d^2 T_2(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT_2(r)}{dr} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$T_1(r_0) = T_0 ; T_2(r_2) = T_2, \quad (5)$$

де $T_1(r)$ - розподіл температури в футерівці; $T_2(r)$ - розподіл температури в корпусі; T_0 - температура футерівки на поверхні контакту з грючим середовищем; T_2 - температура зовнішньої поверхні корпусу.

Між футерівкою і корпусом має місце неідеальний тепловий контакт, який описується залежностями

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 \frac{dT_1(r_1)}{dr} &= \beta_2 \frac{dT_2(r_1)}{dr} \\ \beta_1 \frac{dT_1(r_1)}{dr} &= H^* [T_2(r_1) - T_1(r_1)] \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де β_1 , β_2 - коефіцієнти теплопровідності футерівки і корпусу; H^* - коефіцієнт теплообміну між футерівкою і корпусом.

Розв'язана задача термопружності футерівки і корпусу - визначення температурних напружень в футерівці і корпусі.

Результати розрахунків напружень в футерівці і корпусі ОТА показують, що істотний вплив на напружений стан футерівки і корпусу чинять умови теплообміну між ними, що характеризуються ко-

ефіцієнтом H^* . Схеми розподілу кільцевих температурних напружень в футерівці і корпусі приведені на рис. 4. При значеннях коефіцієнта $H^* > 0.2$ в шарах футерівки, що прилягають до корпусу, кільцеві напруження приймають позитивні значення, тобто футерівка в цих шарах працює на розтяг, що приводить до утворення, так званих, тріщинуватих зон (рис. 4,а). Усунути розтягуючі напруження у зовнішніх шарах футерівки можна шляхом зменшення коефіцієнта H^* до значень $H^* < 0.2$, тобто за рахунок встановлення між футерівкою і корпусом додаткової термоізоляції. В цьому випадку футерівка по всій товщині буде працювати на стиск (рис. 4,б).

Розроблена методика визначення температурних напружень бандажів по відомих значеннях температури їх зовнішніх і внутрішніх поверхонь. Схема розподілу температурних напружень в бандажі приведена на рис. 5.

Результати розрахунків показують, що кільцеві температурні напруження, які виникають на зовнішніх волокнах бандажів, перевищують границю текучості звичайно застосовуваної літої сталі марки ЗОГСЛ, якщо температурний градієнт бандажів вищий 170 К.

В П'ЯТОМУ РОЗДІЛІ розглянуто питання удосконалення елементів діагностування, що являється частиною системи теплової діагностики на стадії проектування.

Розроблена конструкція футерівки, що володіє підвищеною стійкістю до теплового впливу. Ефект досягається за рахунок вкладання між вогнестійким шаром і корпусом додаткової оболонки, що володіє відбивальною здатністю. Утворюється оболонка шляхом закріплення на зовнішній поверхні окремих вогнестійких цеглин пластин товщиною 0.6-0.8 мм. Пластини виконуються з обмазки спеціального складу, а одержані таким чином вогнестійкі цеглини вкладаються в корпусі ОТА традиційними методами.

Розроблена конструкція футерівки, що характеризується підвищеною стійкістю до механічних впливів теплообмінних пристроїв і підвищеної деформативності корпусу ОТА. Ефект досягається за рахунок вкладання на внутрішню поверхню теплоізоляційної оболонки пружного металевого каркасу, який може бути виконаний з різних виробів, наприклад, з вантажопіднімальних канатів, які відпрацювали свій термін.

Розроблено конструкцію опори ОТА, що дозволяє компенсувати теплове розширення бандажів і опорних роликів. Ефект досягається за рахунок встановлення роликоопор на рухомих проміжних рамах і

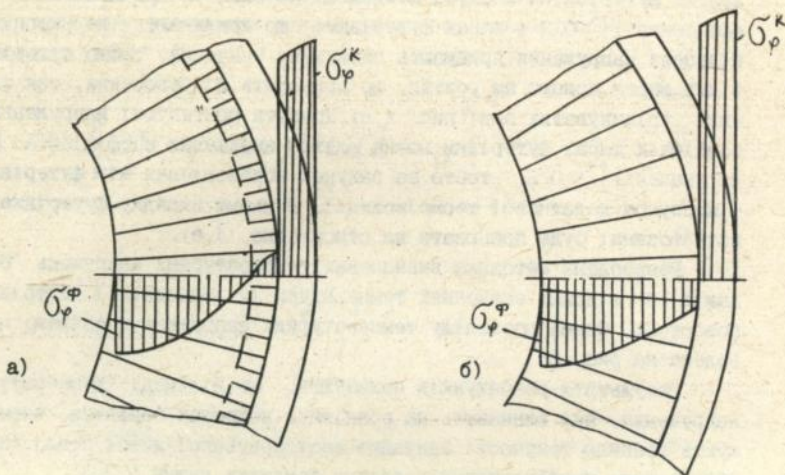


Рис. 4. Кільцеві температурні напруження в корпусі і футерівці ОТА: а) розподіл напружень при $H^* > 0,2$; б) розподіл напружень при $H^* < 0,2$.

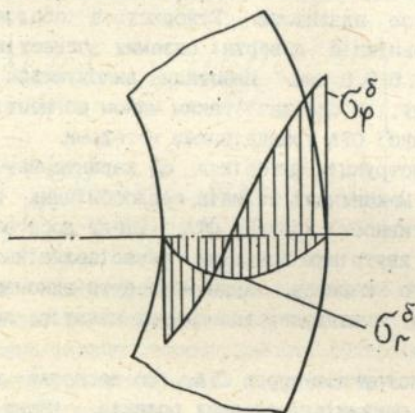


Рис. 5. Розподіл температурних напружень в бандажі: σ_{ϕ}^{δ} - кільцеві напруження; σ_r^{δ} - радіальні напруження.

обладнання їх додатковими еластичними опорами.

Розроблено конструкцію бандажу ОТА, що має підвищену стійкість до теплових і механічних впливів. Ефект досягається за рахунок примусового охолодження внутрішньої поверхні бандажу і кріплення його на корпусі з допомогою пружних демпфіруючих елементів. Демпфіруючі елементи виконані у вигляді пластин з позовжніми пазами, ширина яких дорівнює різниці радіальних температурних деформацій корпусу і бандажу.

Розроблено конструкцію упорного пристрою ОТА, що дозволяє компенсувати нерівномірність теплового видовження корпусу ОТА. Ефект досягається шляхом виконання пружних демпфіруючих елементів з окремих блоків різної жорсткості. Кожен блок представляє собою набір тарілчастих пружин.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз ОТА як об'єктів дослідження, визначені елементи ОТА, які зазнають найбільшого теплового впливу.

2. Розглянуті існуючі методи і пристрої вимірювання температури рухомих поверхонь, і проведено їх аналіз з метою визначення можливості застосування для вимірювання температури поверхонь ОТА.

3. Створено узагальнену нестационарну математичну модель контактного методу вимірювання температури поверхонь. Розроблено конструкцію термоперетворювача для короткочасних контактних замірів температури.

4. Розроблено конструкції засобів теплової діагностики поверхонь ОТА, що базуються на контактному методі вимірювання. В залежності від умов експлуатації дано рекомендації по вибору основних конструктивних параметрів контактних засобів теплової діагностики. Розроблено конструкцію струмовимірюального пристрою для контролю температури внутрішніх поверхонь ОТА.

5. Розроблено світлооптичну систему для вимірювання температури поверхонь ОТА. Представлено методику градування термочутливого елемента світлооптичної системи.

6. Проведено дослідження температурних режимів елементів ОТА, які зазнають найбільшого теплового впливу. Досліджено механізмами виникнення і ознаки проявлення пошкоджень і дефектів елементів ОТА. Визначено параметри і характеристики, що найбільш

повно описують технічний стан елементів ОТА. Розроблено алгоритм теплової діагностики ОТА.

7. Розроблено методику визначення температурних полів в корпусі і футерівці ОТА з врахуванням неідеального теплового контакту між ними. Розроблено методику визначення температурних напружень в корпусі і футерівці ОТА по відомому розподілу температури. Приведено значення температурних напружень корпусу і футерівки в зонах спікання і декарбонізації обертових печей цементного виробництва розміром 5 x 185 м.

8. Розроблено методику визначення температурних напружень бандажів по відомих значеннях температури їх внутрішніх і зовнішніх поверхонь. Приведено залежність максимальних температурних напружень, що виникають на зовнішніх волокнах бандажу, від температурного градієнту по висоті бандажу.

9. Виявлено конструктивні недосконалості елементів ОТА, що мають підвищені температурні напруження при нормальних теплових режимах ОТА.

10. Розроблено нові конструкції елементів ОТА, які мають покращені теплові характеристики і підвищену стійкість до теплових і механічних впливів, що є частиною системи теплової діагностики на стадії проектування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ВИКЛАДЕНО В ПУБЛІКАЦІЯХ

1. Ванкевич П. И., Кузьо И. В., Пашистый В. А., Зинько Я. А., Патык Г. Я. Устройство для диагностирования роликоопор вращающейся печи. А. С. - СССР N 1432322. //Бюл. изобрет. N 39, -1988. - 2 с.

2. Кузьо И. В., Пашистый В. А., Зинько Я. А., Ванкевич П. И. Проектирование и изготовление оборудования с учетом требований технической диагностики. //Сборник научных трудов ВНИИцеммаш. -Тольятти, вып. XXXI. 1988. -с. 11-13.

3. Кузьо И. В., Ванкевич П. И., Пашистый В. А. Деформации и напряжения в корпусе вращающейся печи вблизи вварного бандажа. /Вестник Львовского политехнического института N 230, 1989. - с. 55-57.

4. Кузьо И. В., Пашистый В. А., Ванкевич П. И., Максимчук Ю. Ю. Измерение деформаций и напряжений в деталях опорного узла вращающейся печи. //Тезисы докладов к всесоюзной конференции. Часть 7. Технология машиностроения и материаловедение. - Белгород, 1989. - с. 23.

5. Кузьо И. В., Пашистый В. А., Зинько Я. А., Ванкевич П. И., Платонов В. С. Футеровка вращающейся печи. А. С. СССР N 1527460. // Бюл. изобрет. N 45, 1989. - 3 с.

6. Ванкевич П. И., Пашистый В. А., Кузьо И. В. Упор вращающейся печи. А. С. СССР N 1543209. // Бюл. изобрет. N 45, -1990. - 3 с.

7. Зинько Я. А., Кузьо И. В., Ванкевич П. И., Пашистый В. А. Опора вращающейся печи. А. С. СССР N 1566185. // Бюл. изобрет. N 19, -1990. - 3 с.

8. Кузьо И. В., Ванкевич П. И., Пашистый В. А., Зинько Я. А. Бандаж вращающейся печи. А. С. СССР N 1608406. // Бюл. изобрет. N 43, -1990. - 3 с.

9. Ванкевич П. И., Кузьо И. В., Панкевич В. В., Фединец В. А. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов. А. С. СССР N 1610313. // Бюл. изобрет. N 44. - 1990. - 4 с.

10. Ванкевич П. И., Кузьо И. В., Пашистый В. А., Колянковский М. А. Токосъемное устройство для контроля температуры вращающейся печи. А. С. СССР N 1647289. // Бюл. изобрет. N 17, -1991. - 2 с.

11. Пашистый В. А., Ванкевич П. И., Кузьо И. В., Фединец В. А., Куритный И. П. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов. // Решение о выдаче а. с. по заявке N 4788643/10 от 25.04.1991 г.

12. Ванкевич П. И., Фединец В. А., Куритный И. П., Кузьо И. В., Пашистый В. А. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов. // Решение о выдаче а. с. по заявке N 4815205/10 от 24.05.1991 г.

13. Кузьо И. В., Ванкевич П. И., Величко Л. Д., Белоус Б. Д. Футеровка вращающейся печи. // Решение о выдаче а. с. по заявке N 4768877/10 от 24.05.1991 г.

14. Ванкевич П. И., Пашистый В. А., Кузьо И. В., Фединец В. А., Куритный И. П. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов. // Решение о выдаче а. с. по заявке N 4852343/10 от 31.07.1991 г.



Підп. до друку 12.11.92. Формат 60x84 1/16
Папір друк. № 2. Офс. друк. Умов. друк. арк. 1
Умов.-фарб.-відб. 1. Солік.-вид. арк. 0,93
Тираж 100 прим. Зам. 133. Безплатно

ЛПІ 290646 Львів-13, Ст.Бандери, 12

Ді льниця оперативного друку дослідного з-ду
ЛПІ, Львів, вул. Городоцька, 286

468681

Ab 26.074

AB 26.074