

Апаратно-програмний комплекс для діагностики процесів нестационарного охолодження сталевих зразків і тестування гартівних середовищ

Розробки виконані творчим колективом фахівців НАН України (ІТТФ, ІХВС, ІЕЗ) і Національної металургійної академії України (кафедра ТОМ).

Область застосування - підвищення ефективності промислових технологій загартування та інших видів термообробки сталевих виробів.

Діагностика процесів нестационарного охолодження при загартуванні сталевих зразків проводиться за допомогою автоматичної установки, яка представляє собою інформаційно-вимірювальну систему.

Установка призначена:

- для реєстрації та обробки термометричних показників процесу охолодження металевих виробів в умовах, що моделюють технологію термічної обробки (загартування);
- для тестування охолоджуючих властивостей різних гартівних середовищ, відповідно до вимог міжнародних стандартів (ISO 9950, ASTM, AFNOR, JIS, GB).

Автоматична установка дозволяє:

- контролювати охолодження дослідних зразків і реальних виробів як в лабораторних, так і в виробничих умовах;
- тестувати за допомогою стандартних зразків (термозондів), виготовлених з нікелі-хромового сплаву Inconel 600, що володіє високим опором окисленню і корозії при високих температурах, або зі срібла високої чистоти, різні охолоджуючі середовища, розчини солей і полімерів, мінеральні та рослинні олії і ін. термозондів для різних з наведених вище стандартів, виготовляються у вигляді циліндрів діаметром від 10 до 16 мм і довжиною 30- 60 мм. Термозонд конструкції Лішчіча (ASTM) має великі габарити (Д / Н = 50x200 мм), оснащений 3-ма термопарами, що робить його більш наближеним до реальних виробів і більш інформативним для теплофізичних розрахунків;
- за результатами аналізу отриманих даних розробляти рекомендації щодо оптимізації, підвищенню ефективності технології термообробки, поліпшення експлуатаційних характеристик металу, економічних і екологічних показників виробництва;
- здійснювати за допомогою спеціального погрузного, безконтактного датчика (гідрофону) реєстрацію інтенсивності і частотних характеристик акустичного шуму, що виникає при кипінні закалочної рідини на поверхні зразка. Акустичний сигнал з високою точністю ідентифікує початок, кінець і тривалість двухфазного режиму охолодження зразка, а також часові межі існування погіршеної і інтенсивного відводу тепла при плівковому і бульбашкової режимах кипіння загартовуючої рідини.

Структура і функціональні параметри установки

Установка включає в себе:

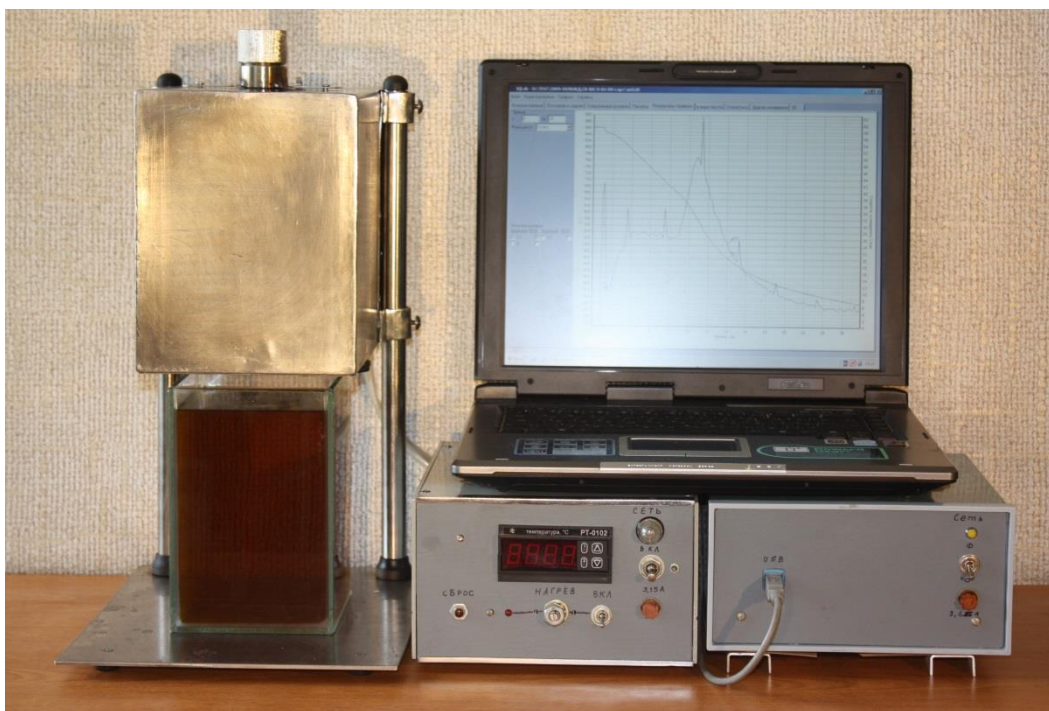
- блок аналого-цифрового перетворення показань 1-8 хромель-алюмелевих термопарних датчиків і акустичного гідрофону з частотою до 10 вимірювань в сек;
- програмне забезпечення для зняття даних з виходу блоку реєстрації, їх обробки для побудови графічних залежностей $T(\tau)$, $dT(\tau)$, $A(\tau, f, \tau)$ і ін. (T -температура, τ - час, dT - швидкість охолодження, A і f - інтенсивність і частота акустичного шуму), а також інші статистичні параметри процесу в табличній формі;

- програмне забезпечення для розрахунку температурних полів у зразку і характеристик процесу нестационарного теплообміну (щільність теплового потоку, коефіцієнт тепловіддачі і ін.).

Апаратне виконання установки

До складу установки входять:

- блок аналогового цифрового перетворення сигналів датчиків;
- хромель-алюмелеві термопари в захисному чохлі ($d = 2$ мм);
- акустичний гідрофон;
- переносний комп'ютер (ноутбук);
- компактна електрична піч для нагрівання термозондів;
- блок керування режимом роботи печі до $T_{\text{макс}} = 950$ С;
- посудина для тестованої загартувальної рідини ($V = 250\ 2000$ ml)



Програмне забезпечення для розрахунку та прогнозу теплофізичних і міцнісних характеристик гарту

На вхід інформаційно-вимірювальної системи можуть підключатися до 8 хромель-алюмелевих термопар, що розміщуються в контрольних точках зразків і виробів, які піддаються термічній обробці. Наявність 8 каналів для вимірювання температури дозволяє використовувати вимірювальний комплекс для контролю процесу термічної обробки на реальних деталях, а також тестувати охолоджуючі властивості рідин в умовах виробництва.

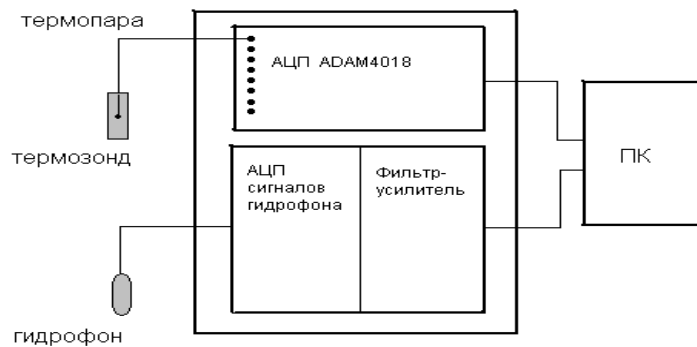
Застосована в установці спеціальна програма обробки даних IQ Lab призначена для вирішення одновимірних, нелінійних, прямих і обернених задач теплопровідності (ПЗТ, ОЗТ) в твердих тілах класичної форми: необмежена пластина, необмежений циліндр і кулю (в тому числі порожниста куля) при симетричних і несиметричних граничних умовах.

Рішення ПЗТ за допомогою програми IQ Lab дозволяє розраховувати температурне поле і порівнювати його з термо-кінетичною діаграмою структурних перетворень конкретної марки сталі і виробляти підбір оптимальних температурних режимів гарту.

Рішення ОЗТ, при наявності експериментальних значень температури всередині виробу в одній точці, дозволяє визначати, граничні умови теплообміну на поверхні сталевих виробів: температури поверхні, а також щільності теплового потоку і коефіцієнт тепловіддачі.

Найважливішим показником якості термообробки, поряд з міцністю виробу, є рівень внутрішньої напруги в металі після гарту. На основі експериментальних даних, отриманих на вимірювальному комплексі, за допомогою програми, розробленої в ІЕЗ НАН України можна визначити напружено-деформовані стани з урахуванням зміни хімічного і фазового складу матеріалу на різних стадіях виробництва і експлуатації. В основу методу покладено кінцево-елементні розрахунки тривимірної кінетики полів температур, напружень, деформацій, а також структурного стану сталевих виробів при термообробці аж до їх остаточного стану.

Схема апаратно-програмного комплексу для реєстрації і обробки показань термоакустичних датчиків.



Блок-схема установки

для дослідження охолоджуючих властивостей гартівних середовищ

