

# МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКАХ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН

**Зотов Е.Н., Москаленко А.А., Разумцева О.В., Проценко Л.М.**

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

Для застосування рідин в технологіях гартування металевих виробів необхідно визначати їх охолоджуючі здібності. Ряд затверджених міжнародних і національних стандартів встановили правила їх тестування за допомогою зразків (термозондів) циліндричної і сферичної форми, виготовлених з жароміцних хромо-нікелевих сплавів або срібла. Показники нестационарного охолодження термозондів визначають за допомогою термопар, встановлених в центрі зразків. Однак, детальний аналіз характеристик інтенсивності гартування для його застосування в промислових умовах вимагає визначати і інші теплофізичні характеристики теплообміну між рідиною і термозондом, а саме: коефіцієнт тепловіддачі, щільність теплового потоку на поверхні зразка як функції часу і температури поверхні. Температуру поверхні зразка для цього необхідно визначати. Пряме вимірювання температури на поверхні термозонда є технічно складним завданням. Альтернативний варіант - рішення оберненої задачі теплопровідності (ОЗТ) за даними вимірів температури всередині термозонда. ОЗТ вирішується досить просто сучасними засобами обчислювальної техніки при описі теплового процесу всередині термозонда одновимірним рівнянням теплопровідності. Для процесів, що описуються багатовимірними рівняннями, рішення ОЗТ багаторазово ускладнюється.

Метою даної роботи було побудова адекватної моделі нестационарного температурного поля і рішення ОЗТ для циліндричних і сферичних зразків при інтенсивному їх охолодженні в рідких середовищах.

Результати:

- запропонована методика відновлення температури поверхні циліндричного і сферичного срібних термозондів;
- розроблена методика визначення умов моделювання температурного поля сталевого циліндричного зразка із заданою точністю за допомогою рішення одновимірної задачі теплопровідності;
- відновлені граничні умови на поверхні сталевих зондів, за допомогою програми IQLab і вирішена зворотна задача теплопровідності в експериментах з різними режимами кипіння.
- отримані формули для визначення коефіцієнта тепловіддачі на боковій поверхні срібного циліндричного зонда по температурі центру зразка за допомогою рішення задачі теплопровідності нескінченного циліндра при постійній щільності теплового потоку на поверхні.

# **SIMULATION OF A NON-STATIONARY TEMPERATURE FIELD IN STANDARD SAMPLES FOR TESTING COOLING LIQUIDS**

**Zotov E.N., Moskalenko A.A., Razumtseva O.V., Protsenko L.N.**

*Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine*

For the use of liquids in the quenching of metal products, it is necessary to determine their cooling capacities. A number of approved international and national standards have established the rules for testing them using cylindrical and spherical samples (probes), made of heat-resistant chromium-nickel alloys or silver. The parameters of non-stationary cooling of probes are determined with the help of thermocouples installed in the center of the samples. However, a detailed analysis of the quenching intensity for its use in industrial conditions requires the determination of other thermo-physical characteristics of heat exchange between the liquid and the probe, namely: the heat transfer coefficient, the heat flux density on the samples surface as a function of time and surface temperature. The surface temperature of the sample it is necessary to determine. Direct measurement of the temperature on the surface of the probe is a technically difficult task. An alternative is to solve the inverse heat conduction problem (OST) from the temperature measurement data inside the probe. OST is solved simply by modern means of computer technology in describing the thermal process inside the probe by a one-dimensional heat equation. For processes described by multidimensional equations, the solution of OST is repeatedly complicated.

The aim of this work was to construct an adequate model of the nonstationary temperature field and to solve the OST for cylindrical and spherical samples with intensive cooling in liquid media.

Results:

- a technique was proposed for restoring the surface temperature of cylindrical and spherical silver probes;
- a method for determining the conditions for modeling the temperature field of a steel cylindrical sample with a specified accuracy by means of solving a one-dimensional heat conduction problem;
- the boundary conditions on the surface of steel probes are restored, using the IQLab program and the inverse heat conduction problem is solved in experiments with different boiling regimes.
- formulas are obtained for determining the heat transfer coefficient at the lateral surface of a silver cylindrical probe with respect to the temperature of the center of the sample by solving the problem of the thermal conductivity of an infinite cylinder with a constant density of heat flux on the surface.