

Щербин Сергей Анатольевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: dekan_ftk@angtu.ru

Колесниченко Виктор Александрович,

обучающийся, Ангарский государственный технический университет

РАСЧЕТ КОНТАКТНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Shcherbin S.A., Kolesnichenko V.A.

CALCULATION OF CONTACT THERMAL RESISTANCE

Аннотация. Рассматривается подход к определению контактного термического сопротивления двухслойных материалов и результаты сопоставления аналитического определения термического сопротивления с экспериментальными данными. Показана необходимость учета контактного термического сопротивления при проектировании теплообменных аппаратов.

Ключевые слова: теплообмен, контактное термическое сопротивление, биметалл.

Abstract. An approach to determining the contact thermal resistance of two-layer materials and the results of comparing the analytical determination of thermal resistance with experimental data are considered. The necessity of taking into account the contact thermal resistance in the design of heat exchangers is shown.

Keywords: heat exchange, contact thermal resistance, bimetal.

В работах [1, 2] рассматривается влияние на интенсивность теплообмена контактного термического сопротивления R_k теплопередающей поверхности из биметалла, возникающего в микроскопическом зазоре между слоями металла, как правило, заполненном воздухом. Тепловой поток между контактирующими поверхностями проходит в основном посредством теплопроводности через среду, заполняющую зазор между выступами шероховатости в контактной зоне, и через зоны непосредственного контакта. Соответственно, контактное термическое сопротивление можно выразить соотношением:

$$1/R_k = 1/R_r + 1/R_\phi,$$

где R_r – термическое сопротивление газовой прослойки, $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$; R_ϕ – термическое сопротивление непосредственного контакта, $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$.

Принимая допущения, что твердые поверхности соприкасаются только вершинами профилей шероховатостей и толщина зазора δ между слоями в среднем вдвое меньше максимального расстояния между впадинами шероховатостей δ_{max} , выразим термическое сопротивление газовой прослойки [1, 2]:

$$R_r = \delta/\lambda_r,$$

где λ_r – коэффициент теплопроводности газа $\text{Вт}/(\text{мК})$.

При определении R_ϕ в работе [3] использовались результаты аналитического исследования термического сопротивления контактного пятна и электрического сопротивления контакта. Указывается, что при сжатии поверхностей размер контактного пятна почти не изменяется, а увеличение площади фактического контакта происходит в основном в результате увеличения их количе-

ства. В зависимости от нагрузки и чистоты обработки поверхностей изменяются относительная величина фактической площади контакта и относительное сближение поверхностей, что обуславливает изменение термического сопротивления непосредственного контакта.

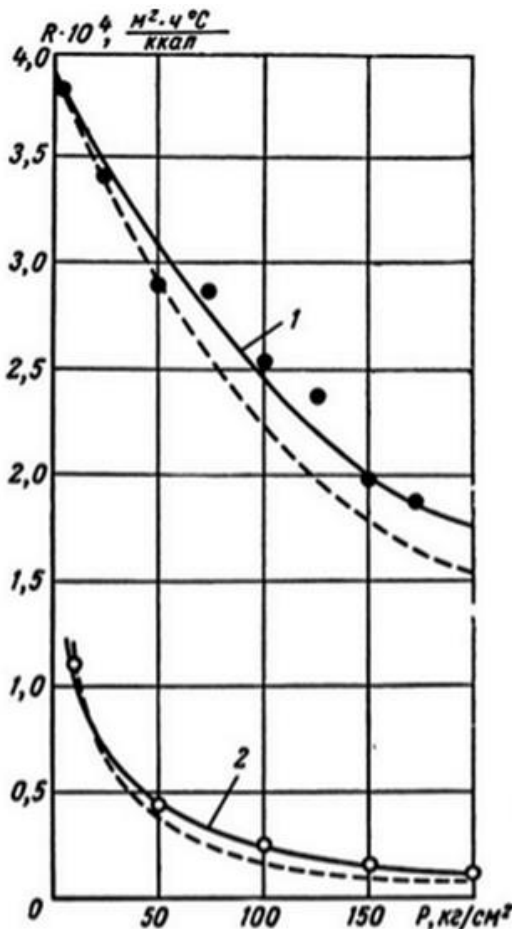


Рисунок 1 – Зависимость контактного сопротивления R от нагрузки P: 1 - сталь 1Х18Н9Т, класс шероховатости 5; 2 – дюраль Д-16, класс шероховатости 4; ---- - расчёт

Для расчета R_{ϕ} , м²ЧК/ккал, поверхностей с чистотой обработки не выше 10 класса предложена формула:

$$R_{\phi} = 3 S_{\text{H}} \sigma_{\text{T}} / (2,1 \cdot 10^4 \lambda_{\text{M}} N),$$

где S_{H} – номинальная площадь контакта, мкм²; σ_{T} – предел текучести предельно наклепанного материала, кг/см²; λ_{M} – коэффициент теплопроводности контактирующих материалов, ккал/(мЧК); N – нагрузка, кг.

При контакте разнородных металлов σ_{T} принимается для менее пластичного материала, а λ_{M} рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{\text{M}} = 2\lambda_{\text{M1}}\lambda_{\text{M2}} / (\lambda_{\text{M1}} + \lambda_{\text{M2}}),$$

где λ_{M1} и λ_{M2} – коэффициенты теплопроводности материалов двуслойной стенки, ккал/(мЧК).

На рисунке 1 представлено сравнение результатов аналитического расчета контактного термического сопротивления по описанной методике и экспериментальных данных. Можно сделать вывод, что контактное термическое сопротивление шероховатых поверхностей при различных усилиях сжатия с достаточной точностью может быть определено расчетным путем.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Щербин, С.А.** Особенности применения и расчета многослойных материалов в химической аппаратуре с теплообменными устройствами / С.А. Щербин, В.А. Колесниченко // Вестник АНГТУ. – 2023. – № 17. – С. 150-154.
2. **Щербин, С.А.** Влияние контактного термического сопротивления биметаллических материалов на интенсивность теплообмена / С.А. Щербин, В.А. Колесниченко, Д.И. Шарифулин // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2023. – № 10. – С. 87-88.
3. **Шлыков, Ю.П.** Термическое сопротивление контакта / Ю.П. Шлыков, Е.А. Ганин // Атомная энергия. – 1960. – Т. 9, вып. 6. – С 496-498.