

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ НАГРЕВ В ЗАЗОРЕ МАГНИТОПРОВОДА

Магистрант группы 5М1111 Васильев А.С.

Д-р техн. наук, профессор Ланин В.Л.

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники

Индукционные нагревательные устройства на магнитопроводе из феррита с незамкнутой магнитной цепью обладают высокой скоростью бесконтактного и локального нагрева проводящих материалов и эффективны для монтажной пайки в электронике. Для формирования качественных паяных соединений необходима оптимальная конструкция индуктора, концентрирующая магнитный поток в зоне пайки, и оптимизация температурного профиля нагрева.

Примем что весь ток в нагрузке сосредоточен в полосе шириной a_n , равной ширине паза a_n (рис. 1).

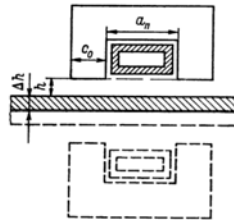


Рис. 1. Расчет плоского индуктора с магнитопроводом: a_n – ширина паза, h – высота зазора, c_0 – ширина полюса, Δh – дополнительный зазор

Будем считать также, что сопротивление обратного замыкания x_0 изменится мало, если влияние на него реальной загрузки учесть с помощью дополнительного зазора Δh , за пределы которого магнитное поле не распространяется. Ряд расчетов показал, что Δh лучше всего брать таким, чтобы дополнительное индуктивное сопротивление было равно сопротивлению загрузки x_l :

$$\Delta h = \frac{x_l}{\omega \mu_0},$$

где ω – комплексный потенциал поля; μ_0 – магнитная постоянная.

Для однофазного нагреваемого тела:

$$\Delta h = \frac{\mu_1 \delta}{2},$$

где μ_1 – относительная проницаемость загрузки; δ – глубина проникновения

Принятое допущение позволяет определить x_0 . Заменяем при вычислении x_0 нагрузку сверхпроводящей плоскостью, отстоящей от

индуктора на расстояние $h_3 = \Delta h + h$. Такая система может рассматриваться как половина шинпровода с расстоянием $H = 2h_3$ между шинами, снабженными наружным магнитопроводом. Вторая половина шинпровода получается как зеркальное отображение индуктора относительно сверхпроводящей плоскости.

Применяя к шинпроводу расчет по методу общего потока, получаем:

$$x_0 = \frac{\omega \mu_0 H}{2a_n} - \frac{K_L}{1-K_L}, [1]$$

где K_L - поправочный коэффициент индуктивности шинпровода.

Моделирование электромагнитного поля выполнено в САПР COMSOL Multiphysics для индукционного нагрева деталей из медных сплавов на частоте 66 кГц и силе тока 10А [2]. Анализ результатов показывает, что имеется нелинейная зависимость глубины прогрева от величины зазора (рис. 2).

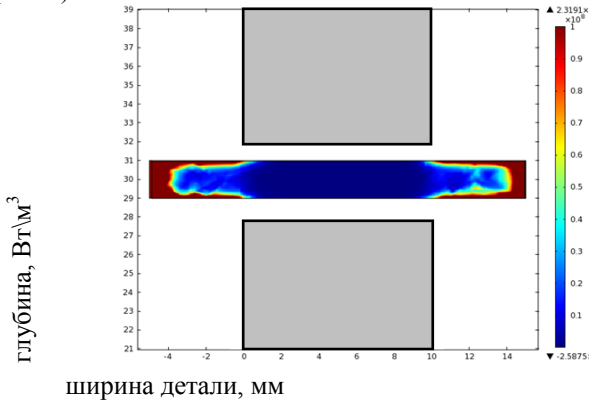


Рис. 2. Распределение мощности нагрева по глубине и вдоль детали

Замечено, что 90 % энергии электромагнитного поля выделяется на расстоянии 2 мм от края детали. Лучше всего это заметно на стальной детали. С ростом зазора мощность нагрева падает, но при этом увеличивается нагрев по остальному объему детали. Введение экрана из магнитного материала увеличило мощность нагрева в зоне до 2 мм от края детали на 50 %, но при этом значительно уменьшило распределение мощности нагрева внутри объема детали.