

### Применение высокочастотного нагрева для термообработки внутренних поверхностей деталей

Вегера И.И., Михлюк А.И., Польшаев А.В.  
Физико-технический институт НАН Беларуси

Высокочастотный нагрев внутренних поверхностей значительно сложнее, чем нагрев любой внешней замкнутой поверхности. В машиностроении основными типами внутренних поверхностей являются сферическая и цилиндрическая сквозная или глухая. Нагрев внутренних поверхностей имеет свои особенности по сравнению с нагревом наружных поверхностей заключающиеся в протекании двух основополагающих явлений (кольцевого эффект и эффект близости) теории высокочастотного нагрева. Кольцевой эффект. При нагреве наружной поверхности концентрация индуктированного тока происходит в узкой полосе металла практически равной ширине индукционного витка. При нагреве внутренней поверхности зона концентрации индуктированного тока в металле значительно больше ширины индукционного витка. Связано это с неравномерностью электромагнитного поля вокруг кольцевого индукционного витка. Поэтому ток индуктора при нагреве внутренней поверхности всегда больше тока индуктора для нагрева внешней поверхности при прочих равных условиях: размеры индукционного витка, зазор между индуктором и деталью, материал нагреваемой детали. Эта разница будет увеличиваться с уменьшением диаметра индукционного витка и понижением частоты. Вторым фактором, влияющим на эффективность кольцевого эффекта, является радиальная высота индукционного витка. При нагреве внутренних поверхностей радиальную высоту индукционного витка следует уменьшать. Это позволяет при прочих равных условиях обеспечивать наибольшую концентрацию тока на наружной поверхности индукционного витка. Эффект близости. Для того, чтобы индукционные витки при нагреве внутренних поверхностей имели достаточный для обеспечения нагрева КПД необходимо уменьшать зазоры в индукторе. Кроме того в значительной мере на эффект близости влияет частота, которая чем выше тем больше влияние эффекта близости. Практика индукционного нагрева показала, что при нагреве внутренней поверхности простым (без магнитопровода) индукционным витком величина зазора должна быть не более 2-3 мм, а при диаметрах меньше 50 мм, зазор должен быть около 1 мм. При этом следует помнить, что при нагреве особо малых отверстий (30 мм и менее) КПД простого индукционного витка составляет примерно 20-30%, что исключает возможность его применения.