

УДК 620.22

М. В. Майсурадзе, Д. А. Кузнецов, А. А. Филиппова, М. А. Рыжков
УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург
spirallog@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКЦИОННОЙ ЗАКАЛКИ ТРУБ ИЗ СТАЛИ 38ХГМ

АННОТАЦИЯ

Исследовано влияние параметров индукционного нагрева (частота тока, мощность, скорость перемещения индуктора) на толщину поверхностного закаленного слоя трубы из стали 38ХГМ. Установлена соответствующая аналитическая зависимость. Определены оптимальные параметры установки индукционного нагрева, позволяющие получить закаленный слой требуемой толщины.

Ключевые слова: поверхностная закалка, трубы, индукционный нагрев

ABSTRACT

The influence of main parameters of induction heating unit (the current frequency, the power and the rate of the induction coil movement) on the hardened layer depth was studied. The corresponding equation was obtained for the case of the tube of the steel 42CrMo4. The optimal parameters of the induction heating unit were determined that allowed to achieve the required hardened layer depth.

Keywords: surface quenching, pipes, high-frequency heating

Детали, испытывающие максимальные напряжения на поверхности, для повышения сопротивления усталости подвергают поверхностному упрочнению. Данная проблема наиболее актуальна для деталей бурового оборудования, которые наряду с циклическими ударными и вибрационными нагрузками, также подвергаются высокому абразивному воздействию. Для повышения срока службы трубы из стали 38ХГМ, используемые в качестве кожуха для погружного бурового оборудования, подвергают индукционной закалке токами высокой частоты (ТВЧ), приводящей к минимальным поводкам и деформациям [1].

Перед проведением поверхностного упрочнения трубы подвергались улучшению для получения высокого комплекса вязкостно-пластических свойств сердцевины. Улучшение заключалось в закалке труб от температуры 850 °С в масле с последующим отпуском при температуре 550 ±25 °С. В результате твердость сердцевины труб составила 35...38 НРС.

Индукционная закалка труб из стали 38ХГМ производилась в установках двух типов, отличающихся максимальной частотой переменного тока. В результате появилась возможность изучить процесс

формирования закаленного слоя на поверхности трубы в диапазоне частот: от 25 до 440 кГц. Нагрев деталей в обоих случаях производился кольцевым индуктором, который перемещался с заданной скоростью вдоль оси трубы. Непосредственно после нагрева осуществлялось охлаждение поверхности водой при помощи кольцевого спрейерного устройства, расположенного сразу за индуктором. В процессе термообработки производилось вращение трубы для повышения равномерности нагрева и охлаждения. Зазор между индуктором и поверхностью трубы составлял порядка 2...3 мм. Скорость перемещения индуктора относительно трубы составляла 0,53...1,60 мм/с при частоте тока 440 кГц и 4,0...7,0 мм/с при частоте тока 25 кГц. Это связано с различной глубиной проникновения вихревых токов в поверхность трубы, а, следовательно, с разной интенсивностью прогрева [2].

Глубина закаленного слоя оценивалась путем измерения микротвердости по сечению стенки трубы (рис. 1, а), а также при помощи металлографического анализа (рис. 1, б). В результате появилась возможность установить зависимость толщины закаленного слоя от скорости перемещения индуктора. Например, на рис. 1, б видно, что с увеличением скорости перемещения индуктора в 3 раза (от 0,53 до 1,60 мм/с) толщина закаленного слоя уменьшается в 4,4 раза (от 3,70 до 0,85 мм).

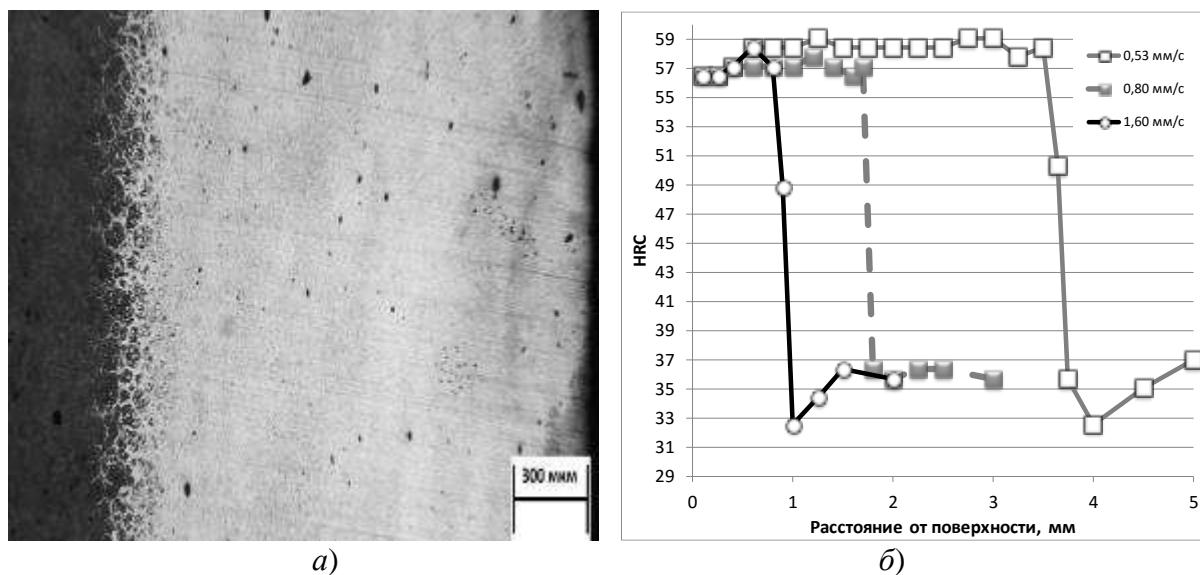


Рис. 1. Микроструктура закаленного слоя на поверхности трубы из стали 38ХГМ при скорости перемещения индуктора 0,80 мм/с (а) и распределение твердости в закаленном слое при скорости перемещения индуктора 0,53, 0,80 и 1,60 мм/с (б)

На основании регрессионного анализа экспериментальных данных была установлена зависимость, связывающая параметры индукционной установки с толщиной упрочненного слоя:

$$\sqrt[3]{h} = 3,928 + 0,00318 * P - 0,00257 * n - 2,01193 * \sqrt[4]{v}, \quad (1)$$

где h – толщина закаленного слоя, мм; P – мощность индуктора, кВт; n – частота тока, кГц; v – скорость перемещения индуктора, мм/с. Отношение табличного значения критерия Фишера к расчетному для полученной модели составило 40.

Таким образом, можно расчетным образом подобрать необходимые параметры индукционной установки для получения на поверхности трубы требуемой толщины закаленного слоя. Требуемая толщина закаленного слоя определяется максимальной степенью износа трубы, при которой дальнейшая ее эксплуатация нецелесообразна, и составляет 2,0...2,5 мм. При помощи полученной модели установлено, что при мощности 140 кВт и частоте тока 25 кГц требуемая толщина закаленного слоя может быть достигнута при скорости перемещения индуктора 5,5 мм/с, а при мощности 120 кВт и частоте тока 440 кГц – при скорости перемещения 0,8 мм/с. Однако, при скорости перемещения индуктора 0,8 мм/с и менее наблюдается перегрев поверхностного слоя и формирование хрупкого крупноигльчатого мартенсита. Поэтому целесообразно индукционную закалку трубы из стали 38ХГМ проводить при скорости перемещения детали 5,5 мм/с, мощности установки 140 кВт и частоте тока 25 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головин Г. Ф., Зимин Н. В. Технология термической обработки металлов с применением индукционного нагрева. – Л.: Машиностроение, 1990. – 87 с.
2. Шепеляковский К. З. Упрочнение деталей машин поверхностной закалкой ТВЧ. – М.: Машиностроение, 1972. – 288 с.