



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

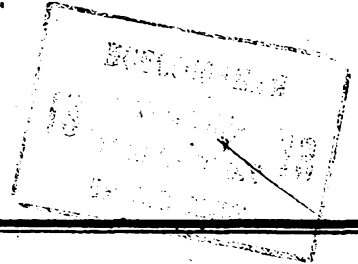
(19) **SU** (11) **1147761** **A**

4 (51) C 21 D 1/42

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 2595415/22-02

(22) 27.03.78

(46) 30.03.85. Бюл. № 12

(72) М.Н.Бодяко, А.И.Тарарук,
А.И.Гордиенко и Г.А.Семенюк

(71) Физико-технический институт
АН БССР

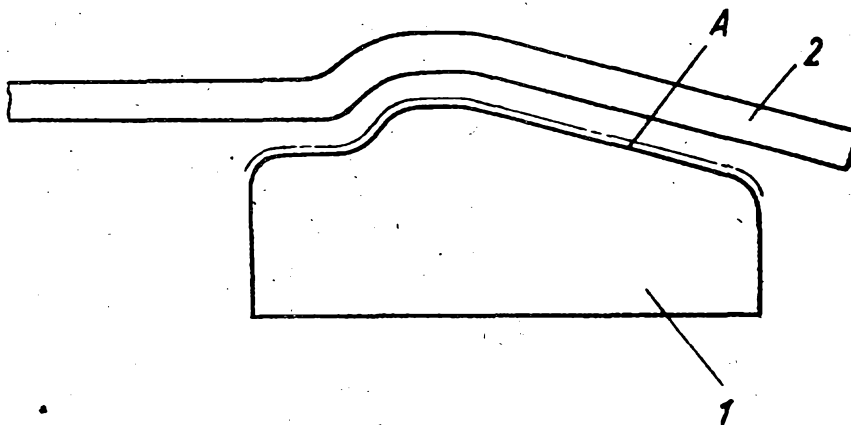
(53) 621.785.545(088.8)

(56) 1. Слухоцкий А.Е. и др. Индукторы для индукционного нагрева. Л., "Энергия", 1974, с. 162-163.

2. Вологдин В. Поверхностная индукционная закалка. М., Оборонгиз, 1974.

3. РЖ "Технология машиностроения", 1964, № 12, 125-377.

(54) (57) СПОСОБ ЗАКАЛКИ ИЗДЕЛИЙ, включающий нагрев в многовитковом индукторе с относительным перемещением индуктора и изделия с последующим охлаждением, отличающийся тем, что, с целью повышения качества изделий путем получения равномерно закаленного слоя, осуществляют колебательное относительное перемещение с амплитудой, равной половине шага между соседними витками индуктора, и периодом, равным или меньшим в целое число раз времени нагрева.



Фиг. 1

(19) **SU** (11) **1147761** **A**

Изобретение относится к термической обработке изделий с применением индукционного нагрева и может быть применено в машиностроении.

Известен способ закалки при неподвижном изделии относительно индуктора [1].

Однако неподвижные изделия в неподвижном индукторе применяются лишь в тех случаях, когда конструкция индуктора обеспечивает равномерный нагрев поверхности, например, при нагреве цилиндрических поверхностей в одновитковом индукторе. Петлевые, зигзагообразные или выполненные в виде плоских и сложных спиралей индуктора при взаимной неподвижности индуктора и изделия не обеспечивают равномерный нагрев обрабатываемой поверхности, так как индуктируемый ток из-за различного направления имеет неодинаковую плотность на нагреваемой поверхности.

Известен способ закалки, включающий нагрев зигзагообразным индуктором и перемещение его относительно закаливаемой поверхности [2].

Однако параметры, характеризующие перемещение индуктора, выбираются произвольно, что приводит при нагреве к неравномерному распределению плотности индуктируемого тока и времени его воздействия на нагреваемую поверхность, а следовательно, и к неравномерности по толщине и твердости закаленному слою.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сути и достигаемому результату является способ закалки изделий, включающий нагрев изделия путем его поступательного движения при одновременном возвратно-поступательном движении индуктора на участке, равном его длине [3].

Данный способ уменьшает неоднородность нагрева, но не устраняет ее полностью, так как не учитывается ряд факторов, влияющих на равномерное распределение плотности индуктируемого тока и время его воздействия на поверхность. Кроме того, необходимость перемещения и детали и индуктора усложняет осуществление способа и целесообразно только для изделий большой длины. В случае перемещения только детали или только индуктора будет значительно повышаться неравномерность нагрева, а

следовательно, и неравномерность свойств закаленного слоя.

Цель изобретения - повышение качества изделий путем получения равномерно закаленного слоя.

Цель достигается тем, что согласно способу закалки изделий, включающему нагрев в многовитковом индукторе с относительным перемещением индуктора и изделия с последующим охлаждением, осуществляют колебательное относительное перемещение с амплитудой, равной половине шага между соседними витками индуктора, и периодом, равным или меньшим в целое число раз времени нагрева.

На фиг. 1 схематически показано устройство, реализующее предлагаемый способ, вид спереди; на фиг. 2 - то же, вид сверху; на фиг. 3а-р - условия распределения индуктируемой электроэнергии по нагреваемой поверхности при различных параметрах колебательного движения.

На фиг. 1 и 2 показано взаимное расположение изделия 1 и индуктора 2 с шагом L между токопроводами во время нагрева и охлаждения, а также термообрабатываемая поверхность A . Стрелками показано направление колебательного движения.

Способ осуществляется следующим образом.

Изделию 1, установленному под индуктором 2 с заданным зазором, сообщается колебательное движение, амплитуда которого равна половине шага между рабочими токопроводами, а период колебания равен или в целое число раз меньше времени нагрева. Время нагрева выбирают в зависимости от требуемой глубины закалки, частоты тока, температуры нагрева, свойств материала и т.д. Затем включается нагрев, который после достижения на упрочняемой поверхности закалочной температуры отключает и включает спрейерное охлаждение.

Для равномерного нагрева термообрабатываемой поверхности детали необходимо, чтобы электроэнергия, индуктируемая токопроводами индуктора в наружных слоях детали, равномерно распределялась по всей нагреваемой поверхности.

На фиг. 3а схематично показаны поперечное сечение детали 1 с термо-

обрабатываемым слоем А шириной Н и поперечное сечение индуктора, состоящего из трех токопроводов В, С, D с шагом между ними L. На фиг. 36-р показаны графики путей перемещения индуктирующих токопроводов за время нагрева t при колебательном движении индуктора и неподвижной детали в зависимости от величины амплитуды и периода колебаний. Время нагрева на всех графиках принято постоянным и его значения, выраженные через период T, отложены на осях ординат. На осях абсцисс отложены величины перемещения токопроводов, т.е. амплитуды колебания их, выраженные через величину шага (расстояние) L между токопроводами,

Участки с наиболее интенсивным выделением тепла на фиг. 36-р заштрихованы.

На фиг. 36 видно, что при амплитуде колебания, меньшей половины шагового расстояния между соседними токопроводами, нельзя избежать полосатого нагрева путем изменения периода колебания или времени нагрева, так как токопроводы индуктора при колебании покрывают нагреваемую поверхность лишь частично (см. заштрихованные участки).

На фиг. 3в показан характер распределения энергии на термообрабатываемой поверхности при амплитуде колебания, равной $\frac{2}{3}$ L. В этом случае также нельзя избежать полосатого нагрева, так как пути перемещения токопроводов на отдельных участках (см. заштрихованные) перекрываются, т.е. эти участки за один период колебания покрываются два раза двумя токопроводами, а остальные участки покрываются два раза лишь одним токопроводом, поэтому на этих участках в два раза меньше будет индуктироваться энергии.

При амплитуде колебания, равной половине шагового расстояния между соседними токопроводами (см. фиг. 3г), каждый раз за один период колебания вся нагреваемая поверхность покрывается два раза индуктирующими токопроводами, энергия при этом равномерно индуктируется по всей ширине Н термообрабатываемого участка.

При амплитуде, равной или кратной шаговому расстоянию между соседними

токопроводами (см. фиг. 3д, е), ширина поверхности с равномерно индуктированной электроэнергией получается меньшей (см. на фиг. 3д, е заштрихованные участки), и поэтому, чтобы получить равномерно нагретую поверхность шириной Н, необходим индуктор большей ширины. При этом, чем больше амплитуда колебания, тем больше потери электроэнергии на нежелательный нагрев той поверхности детали, которая не подвергается термообработке.

Из вышеуказанного следует, что величина амплитуды, равная половине расстояния между соседними токопроводами индуктора, является оптимальной, так как колебания с такой величиной амплитуды обеспечивают за каждый период колебания равномерное индуктирование электроэнергии по всей ширине Н термообрабатываемого участка. В этом случае наиболее эффективно используется ширина индуктора и электроэнергия.

На фиг. 3ж-р показано влияние величины периода колебания на характер распределения индуктированной энергии по нагреваемой поверхности при постоянном времени нагрева и оптимальной амплитуде колебания.

Если период колебания больше или в дробное число раз меньше времени нагрева, то токопроводы индуктора покроют одни участки нагреваемой поверхности, а другие не успеют (см. фиг. 3ж) или покроют их меньшее количество раз (см. фиг. 3л, м), чем первые, а следовательно, на этих участках выделится меньшее количество энергии, т.е. будут чередоваться полосы с различной температурой нагрева.

Когда же период колебания равен времени нагрева или в целое число раз меньше его (см. фиг. 3п, р), то энергия индуктируется равномерно по всей ширине нагреваемого участка.

Из этого следует, что для равномерного нагрева термообрабатываемой поверхности необходимо, чтобы период колебания был равен или в целое число раз меньше времени нагрева. При других его значениях невозможно избежать появления полос с пониженной температурой нагрева.

Предложенный способ опробован в лаборатории ФТИ АН БССР.

Проводили поверхностную термообработку рабочей поверхности ножа из стали 5ХММ для рубки заготовок круглого сечения. Нож устанавливали под зигзагообразным индуктором, повторяющим форму термообрабатываемой поверхности с шагом между рабочими токопроводами 18 мм. Зазор между индуктором и термообрабатываемой поверхностью составлял 3,5 мм. Нагрев до закалочной температуры осуществлялся током с частотой 8000 Гц в течение 3 с с последующим охлаждением до комнатной температуры. Причем, для сравнения результатов была произведена закалка партии ножей предложенным способом и партии ножей известным способом (см. таблицу).

Из таблицы видно, что из всех приведенных режимов только режимы 3, 9, 10 позволяют исключить образование зон с пониженной твердостью и получить закаленную поверхность с твердостью не менее 59 HRC. Этим режимам соответствуют при прочих равных условиях оптимальные параметры

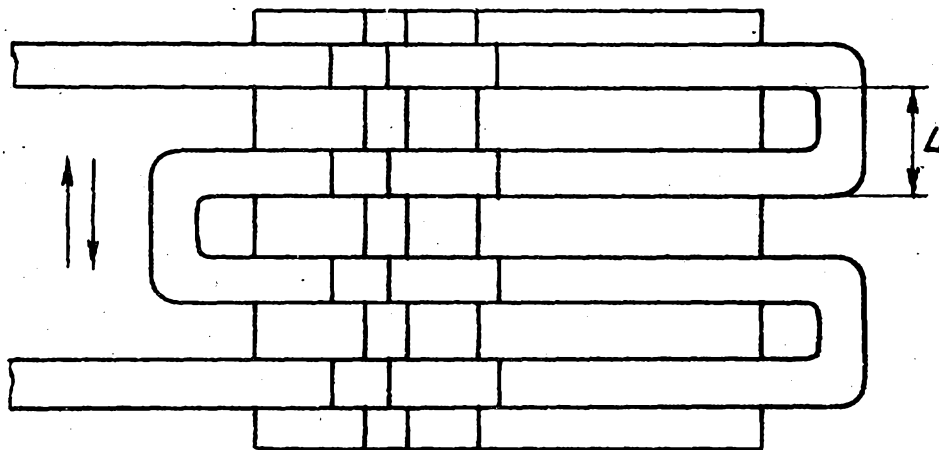
колебательного движения. Так, в режиме 3 и 9 амплитуда равна половине шага между токопроводами индуктора, а период колебания равен времени нагрева. В режиме 10 амплитуда колебания также равна 9 мм, т.е. половине шага между токопроводами, а период равен 1,5 с, т.е. в 2 раза меньше времени нагрева. Результаты других режимов термообработки показывают, что при прочих равных условиях отклонение параметров колебательного движения от оптимальных, т.е. от параметров предлагаемого способа, приводит к появлению на закаленной поверхности детали зон с пониженной твердостью.

Использование предлагаемого способа позволяет повысить качество индукционного нагрева, автоматизировать процесс закалки, расширить технологические возможности индукционной закалки.

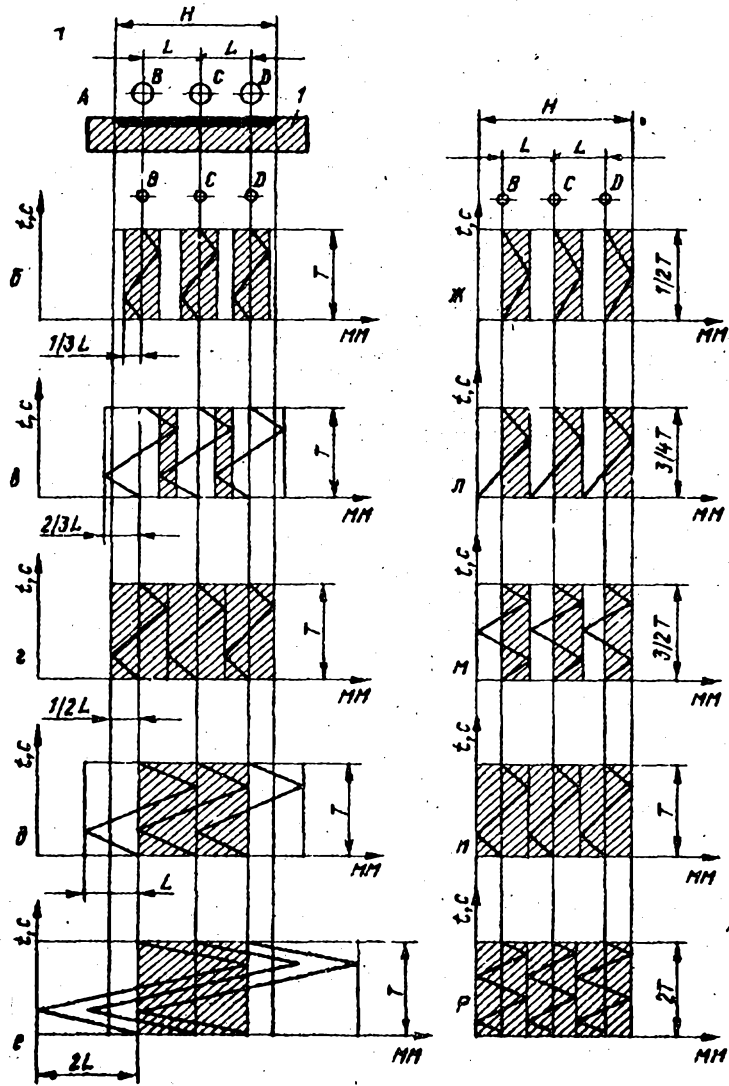
Технико-экономический эффект обеспечивается в результате повышения качества индукционной закалки путем получения равномерного по глубине и твердости закаленного слоя.

Способ термообработки	Режим, №	Пояснение, фиг. 36-р	Параметры колебательного движения		Состояние упрочненной поверхности
			амплитуда	период, с	
Предлагаемый	1	3б	6	3	△
	2	3в	12	3	□
	3	3г	9	3	○
	4	3д	18	3	□
	5	3е	36	3	□
	6	3ж	9	6	△
	7	3л	9	4	□
	8	3м	9	2	□
	9	3п	9	3	○
	10	3р	9	1,5	○
Известный	11	-	Колебательное движение осуществлялось с произвольной амплитудой и периодом (вручную)		
	12	-			
	13	-			

Примечание. △ - имеются зоны (полосы) до 5 мм с твердостью HRC ≤ 40
 глубина слоя 0-2,2 мм
 □ - имеются зоны (полосы) более 5 мм с твердостью HRC ≤ 50 глубина слоя 0-2,2 мм
 ○ - твердость на закаленной поверхности HRC 59 глубина слоя 1.9-2,2 мм



Фиг. 2



Фиг. 3