

DOI 10.32820/2079-1747-2019-23-149-158

УДК 621.757

**РАЗБОРКА ТЕРМОВОЗДЕЙСТВИЕМ СОЕДИНЕНИЙ
С ГАРАНТИРОВАННЫМ НАТЯГОМ**

©Малицкий И. Ф., Смирнов И. П.

*Украинская инженерно-педагогическая академия***Информация об авторах:**

Малицкий Игорь Федорович: ORCID: 0000-0003-0026-2791; malickiy1925@gmail.com; кандидат технических наук; доцент кафедры металло режущего оборудования и транспортных систем; Украинская инженерно-педагогическая академия; ул. Университетская, 16, г. Харьков, 61003, Украина.

Смирнов Игорь Петрович: ORCID: 0000-0002-5982-8123; smirnov_ip@gmail.com; кандидат технических наук; доцент кафедры интегрированных технологий в машиностроении и сварочного производства; Украинская инженерно-педагогическая академия; ул. Университетская, 16, г. Харьков, 61003, Украина.

При ремонте машин часто используются малоэффективные технологические операции по разборке неподвижных соединений с гарантированным натягом. Наибольшую трудность представляют такие операции при ремонте крупногабаритных узлов на тепловозо-, вагоно-, судоремонтных и других предприятиях.

Детали узлов и сборочных единиц при разборке с помощью прессы пластически деформируются, поверхности сопряжения повреждаются, что делает невозможным их повторное использование. Для разборки таких соединений более рационально было бы использовать нагрев охватываемой детали. При нагреве охватываемая деталь расширяется и имеющийся в соединении натяг переходит в зазор. После этого разборка происходит без каких либо затруднений и критических последствий для разбираемых деталей.

В настоящее время в промышленности широкое распространение получили индукционные установки для нагрева деталей токами высокой частоты. При высокочастотном нагреве тепло выделяется в поверхностном слое детали, что приводит к большим перепадам температур и внутренним напряжениям.

При уменьшении частоты тока за счет увеличения глубины проникновения тока в металл достигается более глубокий и равномерный прогрев охватываемой детали. Однако, при недостаточно интенсивном нагреве тепло, генерируемое в охватываемой детали, за счет теплопередачи переходит в охватываемую деталь и свободная разборка оказывается невозможной.

В статье дана методика определения мощности и характеристик индукционно-нагревательных установок для разборки крупногабаритных узлов и проведена экспериментальная проверка их работоспособности. Для исследования электрических и тепловых характеристик были изготовлены индукционные установки нагрева токами промышленной частоты для нагрева под разборку колесной пары тепловоза.

В результате проведенных исследований подтверждена возможность использования для разборки крупногабаритных узлов индукционно-нагревательных установок токами промышленной частоты.

Ключевые слова: разборка, крупногабаритные детали, посадка с натягом, колесная пара, индукционная установка, ток промышленной частоты, индукционно-тепловая разборка, мощность.

Малицкий И.Ф., Смирнов И.П. «Розбирання термодією з'єднань із гарантованим натягом»

При ремонті машин часто використовуються малоефективні технологічні операції з розбирання нерухомих з'єднань з гарантованим натягом. Найбільшу трудність представляють такі операції при ремонті великогабаритних вузлів на тепловозо-, вагоно-, судноремонтних та інших підприємствах.

Деталі вузлів і складальних одиниць при розбиранні за допомогою преса пластично деформуються, поверхні сполучення пошкоджуються, що унеможливує їх повторне використання. Для розбирання таких з'єднань раціональніше було б використовувати нагрів деталі, що охоплює. При нагріванні охоплює деталь розширюється і наявний в з'єднанні натяг переходить в зазор. Після цього розбирання відбувається без будь-яких ускладнень і критичних наслідків для розбираємо деталей.

В даний час в промисловості широкого поширення набули індукційні установки для нагріву деталей струмами підвищеної частоти. При високочастотному нагріванні тепло виділяється в поверхневому шарі деталі, що призводить до великих перепадів температур і внутрішнім напруженням.

При зменшенні частоти струму за рахунок збільшення глибини проникнення струму в метал досягається більш глибокий і рівномірний прогрів деталі, що охоплює. Однак, при недостатньо інтенсивному нагріванні тепло, яке генерується в деталі, що охоплює, за рахунок теплопередачі переходить в охоплювану деталь і вільне розбирання стає неможливим.

У статті дана методика визначення потужності і характеристик індукційно-нагрівальних установок для розбирання великогабаритних вузлів і експериментальна перевірка їх працездатності. Для дослідження електричних і теплових характеристик були виготовлені індукційні установки нагріву струмами промислової частоти для нагріву під розбирання колісної пари тепловоза.

В результаті проведених досліджень підтверджена можливість використання для розбирання великогабаритних вузлів індукційно-нагрівальних установок струмами промислової частоти.

Ключові слова: розбирання, великогабаритні деталі, посадка з натягом, колісна пара, індукційна установка, струм промислової частоти, індукційно-теплове розбирання, потужність.

Malickiy I., Smirnov I. «Disassembly of the thermal impact of coupling with a guaranteed stress state».

When repairing machines, inefficient technological operations are often used to disassemble fixed joints with a guaranteed stress state. The greatest difficulty is represented by such operations in the repair of large-sized units in diesel locomotive, carriage, ship repair and other enterprises.

Parts of assemblies and assembly units when disassembling using a press are subjected to plastic deformation, the mating surfaces are damaged, which makes it impossible to reuse them. For disassembly of such assembly units, it would be more appropriate to use heating the female parts.

When heated, the inner part expands and the tension present in the joint passes into the gap. After this, disassembly takes place without any difficulties and critical consequences for the disassembled parts.

At present, induction plants are widely used in industry for heating parts with high-frequency currents. With high-frequency heating, heat is released into the surface layer of the part, which leads to large temperature differences and internal stresses.

By reducing the frequency of the current by increasing the depth of penetration of the current into the metal, a deeper and more uniform heating of the female part is achieved. However, if the heating is not intensive enough, the heat generated in the inner part due to heat transfer goes into the surrounding part and free disassembly is impossible.

The article presents a method for determining the power and characteristics of induction-heating plants for disassembling large-sized couplings and experimental verification of their performance.

To study the electrical and thermal characteristics, induction heating systems were manufactured with industrial frequency currents for heating to disassemble a locomotive wheel pair.

As a result of the study, the possibility of using an induction-heating installations for dismantling large-sized equipment with industrial frequency currents was confirmed.

Key words: disassembly, large-sized parts, tight fit, wheel pair, induction installation, industrial frequency current, induction-thermal disassembly, power.

1. Постановка проблемы.

В машиностроении и особенно при ремонте машин и механизмов существуют технологические операции распрессовки сборочных единиц, собранных с гарантированным натягом. Для этого используют прессы. Наибольшую трудность представляют такие операции при ремонте крупногабаритных узлов на тепловозо-, вагоно-, судоремонтных и других предприятиях. Иногда разборка таких соединений с помощью прессы вообще невозможна из-за габаритов и сложности конфигурации геометрической формы. Сборочные же единицы, которые не имеют этих недостатков, в процессе распрессовки пластически деформируются, поверхности сопряжения повреждаются, что делает невозможным их повторное использование. Для разборки таких соединений более рационально было бы использовать нагрев охватываемой детали. При нагреве охватываемая деталь расширяется и имеющийся в соединении натяг переходит в зазор. После этого разборка происходит без каких либо затруднений и критических последствий для разбираемых деталей.

2. Анализ последних исследований.

В настоящее время в промышленности широкое распространение получили индукционные установки для нагрева деталей для термообработки или нагрева под ковку и штамповку токами высокой и повышенной частоты. При высокочастотном нагреве тепло выделяется в поверхностном слое детали, а её середина нагревается за счет теплопередачи, что при интенсивном нагреве приводит к большим перепадам температур и внутренним напряжениям. Для данной технологической операции необходим высокочастотный генератор и квалифицированный обслуживающий персонал.

При нагреве охватываемой детали для съема с охватываемой детали необходимо же иметь равномерный нагрев охватываемой детали до температуры 250-300°C с тем, чтобы получить необходимый для разборки зазор, т.е. увеличить посадочный диаметр охватываемой детали на величину $\Delta + \delta$, где δ – максимальный натяг, а Δ - требуемый зазор для свободного съема охватываемой детали.

Более глубокий и равномерный прогрев охватываемой детали можно достичь за счет увеличения глубины проникновения тока в металл. Глубина проникновения тока в металл увеличивается с уменьшением частоты тока, что видно из зависимости, мм

$$\tau = 5030 \sqrt{\frac{P}{f\mu}},$$

где: τ - глубина проникновения тока в металл, мм;

f - частота тока, Гц;

μ - магнитная проницаемость, .

P - удельное сопротивление нагреваемой детали,

То есть, использование в индукционных нагревательных установках токов промышленной частоты $f = 50$ Гц увеличивает глубину проникновения тока в металл, при этом достигается большая равномерность прогрева по глубине.

Однако, при недостаточно интенсивном нагреве существует опасность, что генерируемое в охватывающей детали тепло за счет теплопередачи может перейти в охватываемую деталь и свободная разборка окажется невозможной.

3. Цель статьи - определение мощности и характеристики индукционно-нагревательных установок для разборки крупногабаритных узлов и экспериментальная проверка их работоспособности.

4. Основной материал.

Для решения поставленной задачи приводим расчет индуктора (рис. 1) для нагрева под разборку колесной пары тепловоза.

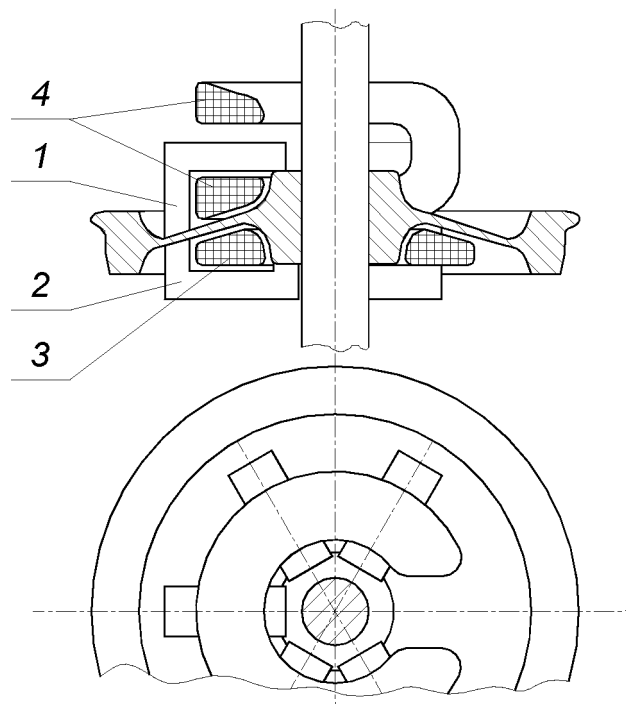


Рис. 1 - Индуктор для нагрева под разборку колесной пары тепловоза:
1, 2 - верхний и нижний магнитопроводы; 3 - круглая нижняя катушка;
4 - подковообразная верхняя катушка.

Исходные данные для расчета принимаем следующие:

- время нагрева, $\tau = 4$ мин;
- напряжение сети, $U = 380$ В;
- частота тока, $f = 50$ Гц;
- масса нагреваемой части, $G = 160$ кг;
- нагреваемый объем, $V = 20000$ см³;
- диаметр сопряжения, $D = 180$ мм;
- максимальный натяг в соединении $\delta = 0,25$ мм;

коэффициент линейного расширения нагреваемого материала, для стали $\alpha = 11,6 \times 10^{-6}$ град⁻¹;

Расчет производим в следующей последовательности:

1. Определяем необходимую температуру нагрева, которая обеспечит получение зазора $\Delta = 0,25$ мм для свободного съема охватывающей детали

$$t_2 = \frac{\Delta + \delta}{D\alpha} = \frac{0,25 + 0,25}{180 \times 11,6 \cdot 10^{-6}} = 240^\circ \text{C}$$

2. Необходимое количество тепла для нагрева ступицы колеса до температуры $t_2 = 240^\circ\text{C}$

$$Q = Gc(t_2 - t_1) = 160 \times 0,14(240 - 20) = 4928 \text{ ккал.}$$

где $c = 0,14 \text{ м}^2 \text{ град/сек}^2$.

3. Мощность индуктора промышленной частоты, необходимая для нагрева ступицы колеса

$$P = \frac{Q \cdot k}{0,24\tau} = \frac{4928 \times 1,25}{0,24 \times 4 \times 60} = 107 \text{ кВт},$$

где $k = 1,25$ - коэффициент, учитывающий рассеяние тепла в окружающую среду.

4. Полная мощность индуктора

$$P_{\text{ин}} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{107}{0,8} = 134 \text{ кВт},$$

5. Объемная удельная мощность индуктора

$$P_{\text{yo}} = \frac{P}{V} = \frac{107 \cdot 10^3}{20000} = 5,35 \text{ Вт / см}^3$$

6. Амплитудное значение напряженности магнитного поля у поверхности ступицы колеса

$$H_o = \sqrt{\frac{P_{\text{yo}}}{0,5 \mu f G_a(K_a r)}} = \sqrt{\frac{5,35 \cdot 10^7}{0,5 \times 12 \times 50 \times 0,0362}} = 2220 \text{ эрстед}$$

где μ - магнитная проницаемость, для стали принимаем $\mu = 12$;

$G_a(K_a r)$ - функция от $K_a r$, определяющая условия передачи энергии нагреваемой части втулки [1];

K_a - энергия нагреваемой ступицы, определяется из выражения

$$K_a = \sqrt{\frac{8\pi^2 f \mu 10^{-9}}{\rho}} = \sqrt{\frac{8\pi^2 50 \times 12 \times 10^{-9}}{28 \times 10^{-6}}} = 1,3$$

где $\rho = 28 \times 10^{-6}$ - удельное сопротивление стали в нагретом состоянии [3]

Тогда, приняв радиус нагреваемой части ступицы $r = 15 \text{ см}$, получим

$$K_a r = 1,3 \cdot 15 = 19,5$$

Если выполняется неравенство $K_a r \geq 10$, то функция $G_a(K_a r)$ определяется по формуле

$$G_a(K_a r) = \frac{1}{K_a r \sqrt{2}} = \frac{1}{19,5 \sqrt{2}} = 0,0362$$

7. Величина магнитного потока при наличии магнитного свойства нагреваемой детали

$$\Phi = F_a H_o \mu \sqrt{P_a^2 + Q_a^2} + H_o (F_c - F_a),$$

где F_c - площадь поперечного сечения ступицы, см^2 ;

F_a - площадь поперечного сечения индуктора, см^2 ;

Q_a и P_a - коэффициенты, зависящие от $(K_a r)$,

$$P_a = Q_a = \frac{1}{K_a r} = \frac{1}{19,5}$$

тогда

$$\Phi = 455 \cdot 2220 \cdot 12 \sqrt{\left(\frac{1}{19,5}\right)^2 + \left(\frac{1}{19,5}\right)^2} + 2220 \frac{\pi(40^2 - 30^2)}{4} = 2,07 \cdot 10^6,$$

8. Принимая, что напряжение U на зажимах индуктора падает на 15 %

$$U_2 = U \left(1 - \frac{15}{100}\right) = 380 \left(1 - \frac{15}{100}\right) = 320 \text{ В},$$

определяем количество витков индуктора из выражения

$$n_2 = \frac{U_2}{\sqrt{2\pi f \Phi \cdot 10^{-8}}} = \frac{320}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 2,07 \cdot 10^6 \cdot 10^{-8}}} = 70 \text{ витков}.$$

Для исследования электрических и тепловых характеристик были изготовлены опытные индукционные установки нагрева токами промышленной частоты для нагрева под разборку колесной пары тепловоза. Экспериментальная нагревательная установка для разборки колёс колёсной пары тепловоза (рис. 1), представляет собой двухсекционный многослойный индуктор. Магнитная система состоит из пяти ветвей, выполненных в виде Г-образных верхних (поз.1) и нижних (поз.2) магнитопроводов, равномерно расположенных по торцам ступицы колеса под углом 60° . Магнитный поток замыкается через диск колеса и его ступицу. Нижняя катушка (поз.3) традиционно имеет круглую форму, верхняя же выполнена подковообразной (поз.4) для возможности её расположения в середине оси. Для определения теплодинамических условий нагрева колесо было оснащено термопарами для контроля температуры нагрева. Температура нагрева детали измерялась в характерных точках (рис. 2) системой потенциометр-термопара.

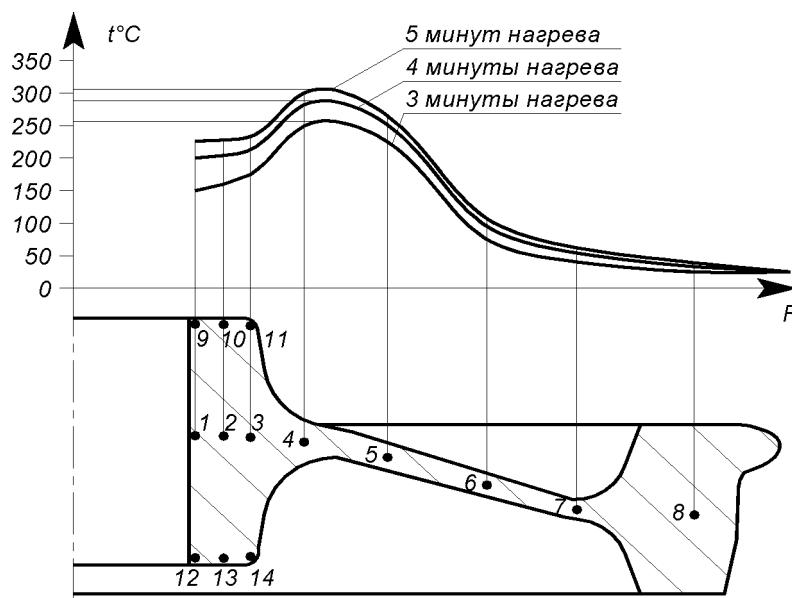


Рис. 2 – Распределение температуры нагрева при разборке колёсной пары.

Аналогично был рассчитан и, на основе выполненного расчета, разработан технический проект установки для разборки соединений с гарантированным натягом с применением тока промышленной частоты 50 Гц для съема с оси колесной пары ступицы с тормозными

дисками, по которому была изготовлена и внедрена в производство индукционная установка ТПЧ. Схема индуктора для нагрева и съема с осей тормозных дисков со ступицы приведена на рис. 3.

Особенностью установки ТПЧ, является специально разработанная конструкция индуктора имеющего разъемную С-образную магнитную систему с двумя многовитковыми индукционными катушками. Одна катушка представляет собой многовитковый соленоид, расположена в нижней части ступицы под диском (поз.5), вторая катушка-соленоид большего диаметра охватывает периферийную часть диска для осуществления прогрева как верхней части ступицы, так и самого диска. Установка так же имеет шесть радиально расположенных ветвей магнитной системы индуктора. Верхняя часть магнитной системы (поз.2) подвижная откидная, её движение осуществляется пневмоприводом для возможности загрузить в зону нагрева установки ось колесной пары со ступицами тормозных дисков. После загрузки нагреваемого узла колесной пары магнитопроводы опускаются, замыкая магнитную цепь.

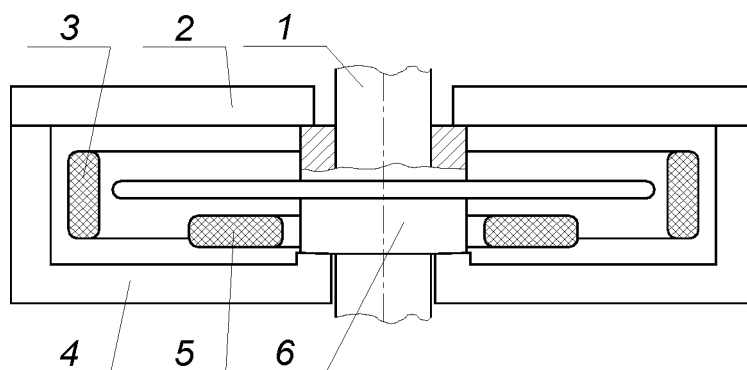


Рис. 3 - Принципиальная схема индуктора для нагрева ступиц с тормозными дисками для съема с осей колесных пар: 1 - ось колеса; 2 - подвижной магнитопровод индуктора; 3 - многовитковая индукционная катушка; 4 - неподвижный магнитопровод; 5 - многовитковая индукционная катушка; 6 - ступица с тормозными дисками.

Техническая характеристика установки ТПЧ для съема ступиц с тормозными дисками с осей колесных пар тепловозов (электровозов):

- время нагрева - 6-8мин;
- потребляемая мощность до 80 кВт;
- напряжение электросети - 380 В;
- частота питающей электросети - 50 Гц;
- коэффициент мощности - 0,7;
- масса установки - 700 кг.

Также было разработано оборудование для разборки термовоздействием ТПЧ узлов гидропередатчиков локомотивов. Разборка узлов гидропередатчиков локомотивов, поступающих на капитальный ремонт представляет собой трудоемкий процесс, так как сопряжения этих узлов в процессе эксплуатации подвержены интенсивному износу и с трудом поддаются разборке. Кроме того, находящейся на валах втулки, подшипники, шестерни и другие охватывающие детали, зачастую трудно доступны для съема с вала колесной пары. При обычной распрес-

совке с приложением больших усилий происходит повреждение посадочных поверхностей. Это приводит к дополнительным операциям по восстановлению сопрягаемых поверхностей

Для устранения указанных недостатков, может быть применен метод разборки термовоздействием с нагревом охватывающей детали током промышленной частоты специально изготовленных для каждого отдельного случая малогабаритных индукционных установок.

Для разборки узла вал-шестерня-подшипник изготовлена малогабаритное приспособление с нагревателем ТПЧ и гидропрессом (рис. 4). Разбираемый узел вал (поз.1), шестерня (поз.2) и подшипник (поз.3) устанавливался на подвижной плите (поз.4). Нагреватель ТПЧ состоит из четырех С –образных магнитопроводов (поз.5) на каждом из которых размещается индукционная катушка (поз.6). Магнитопроводы вводятся в соприкосновение с торцевой и боковой поверхностями и располагаются, по отношению к шестерне, радиально под 90° каждый. Индукционные катушки соединяются последовательно друг с другом с соблюдением направления витков и подключаются к электросети 220 вольт.

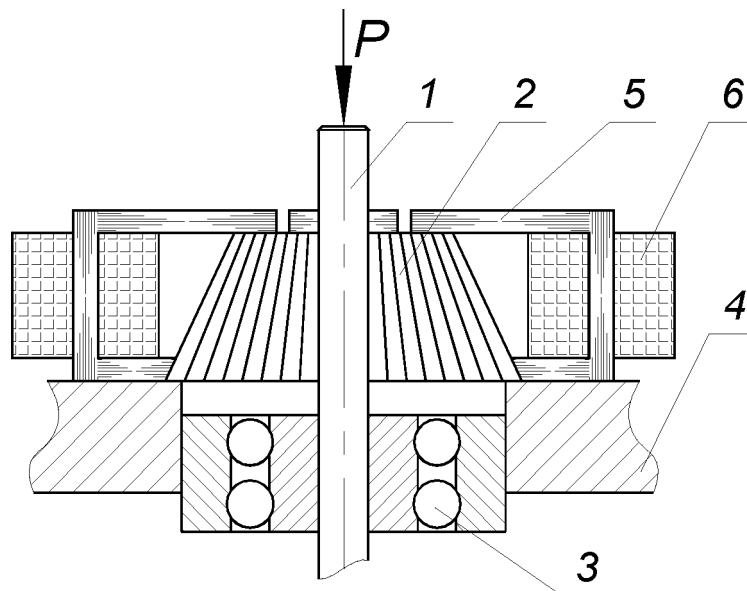


Рис. 4 - Установка ТПЧ для разборки узла вал-шестерня-подшипник

Для съема втулок карданных валов также было разработано и внедрено малогабаритное индукционное приспособление с охлаждением полости вала вилок, принципиальная схема которого показана на рисунке 5,. В качестве охладителя применяется водопроводная вода.

Установка состоит из стола (поз.11), на котором размещена вращающаяся опора (поз.10), на которую устанавливается вилка (поз.1) с валом карданного вала. Соосно с втулками (поз.2) размещен индуктор который может перемещаться с помощью ролика (поз.5) по направляющей (поз.4). Индуктор имеет магнитную систему из радиально расположенных магнитопроводов (поз.7) и индукционную катушку (поз.8).

Через штуцер с уплотнениями (поз.3) к снимаемой стороне вилки подводится охлаждающая жидкость. При надевании индуктора на нагреваемую втулку, подвижные магнито-

провода защелкиваются в прорези втулки (поз.9). В конце нагрева втулка стягивается за эти прорезы с вилки кардана и остается внутри индуктора. После окончания нагрева подвижные магнитопроводы раздвигаются и снятая с вилки втулка удаляется из индуктора.

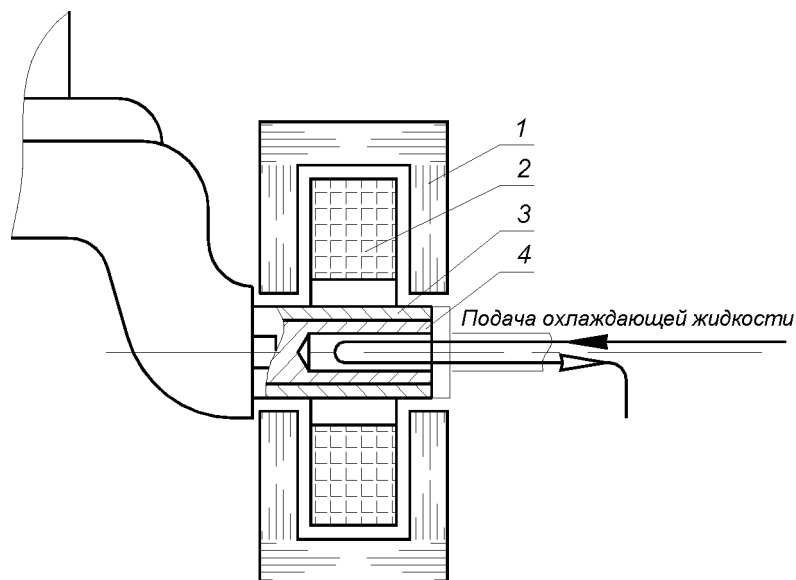


Рисунок 5 - Схема установки для съема втулки с карданного вала:

1 - магнитопровод, 2 - индукционная катушка, 3 - втулка, 4 - вал вилки.

Установка была создана и изготовлена специально для разборки этого узла (рис. 6).

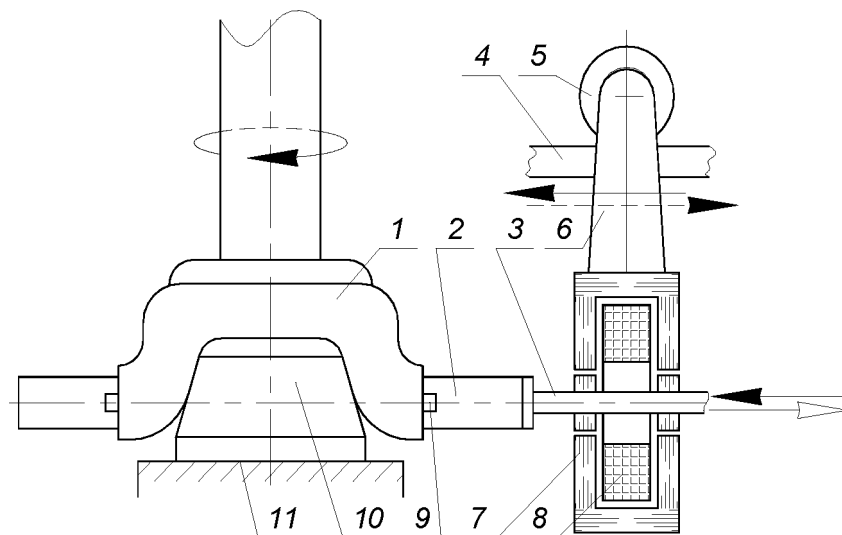


Рис. 6 - Установка для снятия втулок с вилок карданных валов методом термовоздействия ТПЧ: 1 - вилка карданного вала, 2 - втулка, 3 - штуцер для подвода и отвода охлаждающей жидкости, 4 - направляющая, 5 - ролик, 6 - кронштейн индуктора, 7 - магнитопровод, 8 - индукционная катушка, 9 - прорезь втулки, 10 - поворачивающаяся центрирующая опора, 11 - стол.

Выводы

В результате проведенных исследований подтверждена возможность использования для разборки крупногабаритных узлов индукционно-нагревательных установок токами промышленной частоты. Дана методика определения необходимой мощности и характеристик таких установок. Проведена экспериментальная проверка их работоспособности.

Список использованных источников:

1. Амелин А. А. Устройство и ремонт вагонных букс с роликовыми подшипниками / А. А. Амелин. – М. : Машиностроение, 1966. – 320 с.
2. Андреев Г. Я. Тепловая сборка в машиностроении / Г. Я. Андреев // Киев : Техника, 1968. – 210 с.
3. Смирнов И. П. Развитие технологии ремонта подъемно-транспортного оборудования / И. П. Смирнов // *Машинобудування* : зб. наук. пр. – Харків : УПА, 2009. – № 4. – С. 170-177.
4. Малицкий И. Ф. Зняття маточини трамвайного колеса з осі колесної пари термовпливом / И. Ф. Малицкий, В. І. Єфремова // *Машинобудування* : зб. наук. пр. – Харків : УПА, 2011. – № 7-8. – С. 160-166.
5. Малицкий И. Ф. Забезпечення якості буксового вузла при складанні колісної пари з термовпливом / И. Ф. Малицкий, И. П. Смирнов // *Машинобудування* : зб. наук. пр. – Харків : УПА, 2018. – № 21. – С. 159-164.
6. Малицкий И. Ф. Теплодинамические характеристики при сборке колесной пары локомотивов с термовоздействием / И. Ф. Малицкий, И. П. Смирнов // *Машинобудування* : зб. наук. пр. – Харків : УПА, 2018. – № 22. – С. 135-141.
7. Myungkwan Lim, Heesup Choi, Hyeonggil Choi, Ryoma Kitagaki & Takahumi Noguchi, 2014, Development of Eco-friendly Deconstruction Technologies for Recycling Construction Waste, *Journal of Environmental Protection*, v. 5, No. 7, Doi: 10.4236/jep.2014.57066.
8. Roberto Boccauthor, Arthur Hanna, The Global Energy Architecture Performance Index Report. World Economic Forum, 2014.
9. Mizutani, R. and Yoshikai, S., A New Demolition Method for Tall Building. *Kajima Cut & Take down Method*. CTBUH Journal, Volume 5, 2011.

References

1. Amelin, AA 1966, *Ustrojstvo i remont vagonnyh buks s rolikovymi podshipnikami*, Mashinostroenie, Moskva.
2. Andreev, GJa 1968, *Teplovaja sborka v mashinostroenii*, Tehnika, Kiev.
3. Smirnov, IP 2009, 'Razvitie tehnologii remonta podemno-transportnogo oborudovanija', *Mashynobuduvannia, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia*, Kharkiv, no. 4, pp. 170-177.
4. Malitskyi, IF & Yefremova, VI 2011, 'Zniattia matochyny tramvainoho kola z osi kolesnoi pary termovplyvom', *Mashynobuduvannia, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia*, Kharkiv, no. 7-8, pp. 160-166.
5. Malitskyi, IF & Smyrnov, IP 2018, 'Zabezpechennia yakosti buksovoho vuzla pry skladanni kolisnoi pary z termovplyvom', *Mashynobuduvannia, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia*, Kharkiv, no. 21, pp. 159-164.
6. Malickij, IF & Smirnov, IP 2018, 'Teplodinamicheskie harakteristiki pri sborkе kolesnoj pary lokomotivov s termovozdejstviem', *Mashynobuduvannia, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia*, Kharkiv, no. 22, pp. 135-141.
7. Myungkwan Lim, Heesup Choi, Hyeonggil Choi, Ryoma Kitagaki & Takahumi Noguchi, 2014, Development of Eco-friendly Deconstruction Technologies for Recycling Construction Waste, *Journal of Environmental Protection*, v. 5, No. 7, Doi: 10.4236/jep.2014.57066.
8. Roberto Boccauthor, Arthur Hanna, The Global Energy Architecture Performance Index Report. World Economic Forum, 2014.
9. Mizutani, R. and Yoshikai, S., A New Demolition Method for Tall Building. *Kajima Cut & Take down Method*. CTBUH Journal, Volume 5, 2011.

Стаття надійшла до редакції 27 квітня 2019 р