

УДК 621.92

ТИПИЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЙ ІНДУКТОРОВ©**Резниченко Н. К., Плетнев Д. А.***Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про авторів:**

Резниченко Микола Кирилович: ORCID: 0000-0002-6989-0270; rezlynik@mail.ru; доктор технічних наук; завідувач кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Плетнев Денис Анатолійович: ORCID: 0000-0002-3208-4830; pletnevdenis13579@mail.ru; магістрант факультету комп'ютерних і інтегрованих технологій в виробництві та освіті; Українська інженерно-педагогічна академія; ул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

В статье рассмотрены вопросы создания индукционных нагревателей обеспечивающих сборку разборку соединений с натягом при одновременном энергосбережении и обеспечении государственной программы по повышению экологичности технологических процессов.

В определенной степени решением задачи создания различной мощности, является правильный выбор типа и формы индуктора, формы и количества магнитопроводящих конфигураций электромагнитного поля, управление режимом нагрева путем регулирования мощности и периодичности включения индуктора (индукторов), изменением частоты тока.

Вторым направлением создания типовых конструкций нагревательных систем, является анализ и систематизация технологических решений, проектирование оптимального для данных производственных условий процесса изготовления деталей, разработка типовых технологических схем сборки и разборки многоэлементных сборочных единиц, учитывающих способ базирования, последовательность и направления движения детали, наличие силового воздействия.

Ключевые слова: индукционный нагреватель; сборка; разборка; натяг.

Резниченко М. К., Плетнев Д. А. «Типізація конструкції індуктора».

У статті розглянуто питання створення індукційних нагрівачів забезпечують збірку розбирання з'єднань з натягом при одночасному енергозбереженні та забезпеченні державної програми з підвищення екологічності технологічних процесів.

Певною мірою рішенням задачі створення різної потужності, є правильний вибір типу і форми індуктора, форми та кількості магнітопровідних конфігураторів електромагнітного поля, управління режимом нагріву шляхом регулювання потужності і періодичності включення індуктора (індукторів), зміною частоти струму.

Другим напрямом створення типових конструкцій нагрівальних систем, є аналіз і систематизація технологічних рішень, проектування оптимального для даних виробничих умов процесу виготовлення деталей, розробка типових технологічних схем збирання та розбирання багатоелементних складальних одиниць, що враховують спосіб базування, послідовність і напрями руху деталі, наявність силового впливу.

Ключові слова: індукційний нагрівач; збірка; розбирання; натяг.

Reznichenko M., Pletnev D. “Classification of construction inductors”.

In the article the questions of creation of induction heaters provide Assembly and disassembly of preloaded joints with a simultaneous energy saving and implementation of the state program on improving environmental processes.

To a certain extent, the creation of different capacity, is the correct choice of type and shape of the inductor, shape and number of the magnetically conductive configurators electromagnetic field, control heating mode by adjusting the power and frequency of inclusion of the inductor (inductors) the change of the frequency of the current.

The second direction of creating standard designs heating systems is the analysis and systematization of technological solutions, design data for optimum operating conditions of the process of the manufacture of parts, development of standard technological schemes of Assembly and disassembly of multi-element Assembly units, according to the method of basing the sequence and direction of motion of the part, the presence of impact forces.

Key words: induction heater; assembly; disassembly; tightness.

1. Введение

В тяжелом, энергетическом и транспортном машиностроении, судостроении, горном машиностроении при сборке изделий ответственного назначения и их разборке для ремонта и профилактики, применяется нагрев деталей. В большинстве – это крупногабаритные детали: бандажи и колеса рельсового транспорта, колеса насосов, полумуфты, маховики и другие охватывающие детали соединений с натягом. По удельному весу в структуре сборочных работ они составляют до 18 %.

Как известно, способ сборки с предварительным нагревом повышает прочность соединения в 2 – 2,5 раза и переводит сборку из области натягов в область зазоров. Последние снижают трудоемкость и позволяют автоматизировать процесс.

2. Обзор последних источников исследований и публикаций

Индуктор является главным элементом ИНУ, определяющим ее тип и основные технологические и электрические параметры. Выбор типа индуктора для нагрева определенной детали производился в зависимости от технологической задачи - нагрев для сборки или (и) разборки соединения, заданной производительности и энергетических возможностей. При нагреве детали для разборки соединения, находящегося непосредственно в машине или механизме, значение имеет также условия размещения индуктора, который, в таких случаях, является переносным.

Если при нагреве под сборку можно генерировать тепловую энергию по наружной и посадочной поверхности детали, то при нагреве под разборку только по наружной.

Сформировать теоретически требуемое температурное поле, в детали даже незначительно отличающейся по форме от гладкого цилиндра или конуса, практически невозможно, поскольку нужно создать по участкам ее поверхности тепловые потоки различной мощности. То есть, необходимо иметь много элементарных индукторов различной мощности,

расположенных на детали. В определенной степени решением такой задачи является правильный выбор типа и формы индуктора, формы и количества магнитопроводящих конфигураций электромагнитного поля, управление режимом нагрева путем регулирования мощности и периодичности включения индуктора (индукторов), изменением частоты тока. Такими способами можно создавать распределение температур в детали близко к требуемому.

В настоящее время в механосборочном производстве используют различные типы индукторов. С помощью магнитопроводящей системы (магнитопроводов), которая охватывает индуктор по наружи и замыкается на деталь, можно несколько перераспределить электромагнитное поле «собрать» поля рассеивания. Это повышает к.п.д. индуктора. Магнитопроводники, как было указано, являются конфигурациями внешнего электромагнитного поля катушки и с их помощью оно концентрируется в нужных частях нагреваемой детали. Они могут замыкаться на деталь контактно или через воздушный зазор. Форма катушек может быть различна, так она должна соответствовать конфигурации нагреваемой детали или ее части.

3. Постановка задачи

Целью статьи является создание основных типовых конструкций индукторов на основе анализа существующих схем индукционного нагрева деталей.

4. Основной материал и результаты

В соответствии с распределением температур, как было показано ранее, можно рассчитывать удельную, и, значит, общую мощность индуктора.

На рис. 1 представлены схематически изображенные некоторые типы индукционных нагревателей с индукторами, охватывающими нагреваемое изделие. Они реализуют схему нагрева по рис. 1а и применяются в ТП сборки и разборки соединений.

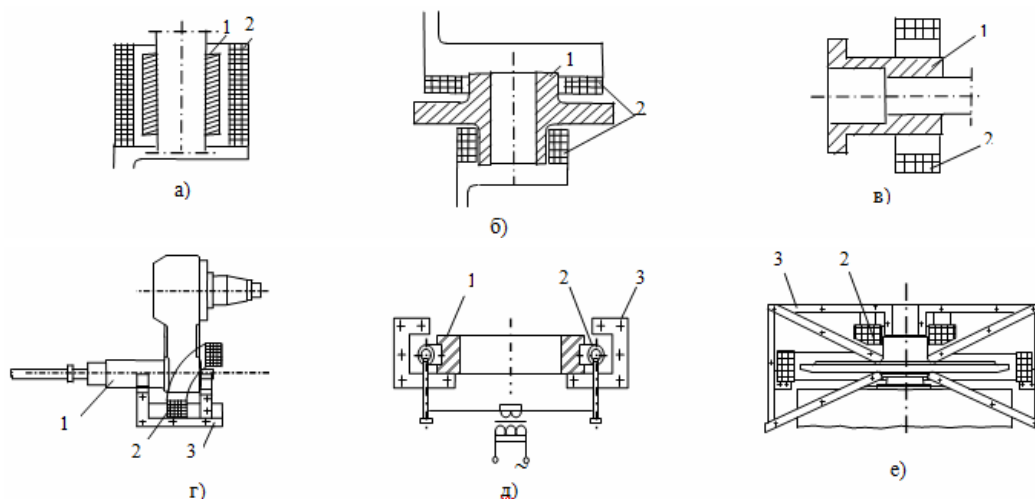


Рис. 1 – Схемы типовых индукторов, охватывающих деталь:
1 – деталь, 2 – индуктор, 3 – магнитопроводник

Наиболее простые из них имеют один или два соленоидных индуктора без магнитопроводников (рис. 1, а, б, в). Они легче, чем с магнитопроводниками (рис. 1, г, д, е), но имеют большие поля рассеивания электромагнитной энергии, и поэтому худшие

Технологія машинобудування

электрические параметры – электрический КПД и $\cos\varphi$. Если в нагреве участвуют несколько индукторов (катушек), то они могут работать одновременно (соединение согласное с однофазным или трехфазным включением), тогда это один секционный индуктор, или работать поочередно, тогда это независимые, например два индуктора (рис. 1, б, е). Поочередная работа индукторов требуется для обеспечения равномерности нагрева сложнопрофильной детали. Обычно это нужно при нагреве под разборку.

Системы с охватывающим индуктором позволяют нагревать деталь (или часть детали) массой 100-150 кг за 3-5 мин, а детали с меньшей массой – еще быстрее. Их недостатком является небольшая универсальность – нагрев деталей одного типа, а при сменных магнитопроводах соответствующего профиля после переналадки – двух, трех типов. Наиболее эффективны индукторы, повторяющие контур нагреваемой поверхности детали и с магнитопроводниками – они имеют высокие тепловой и электрический КПД и $\cos\varphi$ до 0,5. Однако катушки у них сильно нагреваются за счет теплопередачи от детали, поэтому при интенсивной периодической работе токопроводником индуктора должна быть охлаждаемая трубка.

Наиболее универсален нагреватель с одним обводным магнитопроводом и двумя замыкающимися на конусный или цилиндрический магнитопровод или, после его удаления, замыкающимися прямо на деталь (рис. 2, а).

Секционный индуктор (рис. 2, в) может использоваться для ТП сборки и разборки. Нагреватель имеет несколько магнитных цепей (секций) замыкающихся на деталь, и также является сложным в переналадке. Секций может быть 3, 6 (реже 9). Эти индукторы эффективны при нагреве под разборку соединений. Обычно это крупногабаритные соединения.

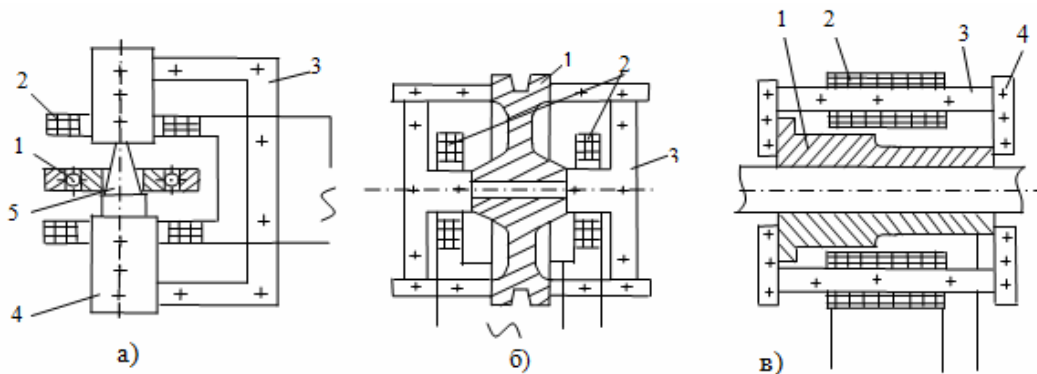


Рис. 2 – Схемы типовых индукторов на магнитопроводниках:

- 1 – деталь; 2 – индуктор; 3 – обводной магнитопровод; 4 – катушечный магнитопровод;
5 – конусный (цилиндрический) сменный магнитопровод

Преимуществом индукторов на магнитопроводниках, является то, что вследствие удаленности индуктора от нагреваемой детали, он не подвержен тепловому воздействию извне, что делает его более долговечным при тех же действующих в них величинах тока, что и в индукторах охватывающих деталь. Однако эффективность их более низкая, чем у нагревателей с охватывающими деталь индукторами, поскольку скорость нагрева в 1,5-1,8 раза меньше и $\cos\varphi$ обычно не более 0,35. Недостатком является так же большая металлоемкость вследствие массивности магнитопроводящей системы. Преимуществом индукторов с несколькими катушками или секциями является возможность их трехфазного включения, что равномерно загружает силовую электросеть.

Рассматривая параметры индуктора можно разделить на геометрические и энергетические.

При проектировании индукционного нагревателя, основными требованиями к индуктору любого типа является безопасность, надежность и экономичность в эксплуатации. Первым этапом является тепловой расчет, вторым расчет электрических и, как следствие, определение геометрических характеристик индуктора. Расчет выполняется на основе конструктивных данных изделия, а также значений максимально допустимой температуры и необходимой скорости нагрева. Два последних параметра определяют величину удельной мощности, генерируемой в нагреваемом объекте энергии, рассчитываемой в зависимости от количества требуемой теплоты.

Для конкретного выбора индуктора для нагрева под сборку или разборку деталей соединений с натягом, следует в первую очередь рассматривать массогабаритные характеристики деталей и соединений. Здесь следует иметь ввиду, что для индукционных систем отношение $Du/D > 1,6$ приводит к резкому падению $\cos \phi$, также как и увеличение размера детали по D больше, чем сечение катушечного магнитопровода. Для более точных рекомендаций будут выполнены экспериментальные исследования. Конечно, необходимо, учитывать условия и возможности производства (по площадям, возможной потребляемой мощности).

Выводы

Систематизированы схемы индукционного технологического нагрева деталей для сборки и разборки соединений, предложены схемы нагрева, обеспечивающие равномерное распределение температур по радиусу осесимметричной детали при ее нагреве под сборку.

Произведена конструкторско-технологическая типизация индукционных нагревателей по областям применения – сборка, разборка или сборка и разборка, конструкциям деталей.

Список использованных источников:

1. Андреев А. Г. К вопросу оптимизации технологических нагревов при сборке и разборке соединений с натягом / А. Г. Андреев, А. Н. Куцин, А. В. Щепкин // *Динамика и прочность машин : республиканский межведомственный научно-технический сборник / Харьковский политехнический ун-т.* – 1998. – № 56. – С. 162-167.
2. Андреев А. Г. Оптимизация нагрева при разборке деталей / А. Г. Андреев, Н. К. Резниченко, А. В. Щепкин // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ».* – 2006. – № 32. – С. 3-8.
3. Дука А. К. Расчет теплового режима составных соединений, собираемых с нагревом / А. К. Дука, Б. М. Арпентьев // *Известия ВУЗов. Машиностроение.* – 1989. – № 2. – С. 115-120.
4. Turner J. U. Constraint Representation and reduction in Assembly modeling and Analysis / J. U. Turner, S. Sudramanian, S. Gupta // *IEEE Transaction on Robotics and Automation.* – 1992. – Vol. 8, № 6. – P. 741-750.

References

1. Andreev, A, Kutsin, A & Shchepkin, A 1998, 'K voprosu optimizatsii tekhnologicheskikh nagrevov pri sborke i razborke soyedineniy s natyagom', *Dinamika i prochnost mashin: Respublikanskiy mezhvedomstvennyy nauchno-tekhnicheskyy sbornik*, no. 56, pp. 162-167.
2. Andreev, A, Reznichenko, N & Shchepkin A 2006, 'Optimizatsiya nagreva pri razborke detaley', *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*, no. 32, pp. 3-8.
3. Duka, A & Arpenteyev, B 1989, 'Raschet teplovogo rezhima sostavnykh soyedineniy, sobiraemykh s nagrevom', *Izvestiya VUZov. Mashinostroyeniye*, no. 2, pp. 115 – 120.
4. Turner, J, Sudramanian, S & Gupta, S 1992, 'Constraint Representation and reduction in Assembly modeling and Analysis', *IEEE Transaction on Robotics and Automation*, vol. 8, no. 6, pp. 741-750.

Стаття надійшла до редакції 15 червня 2016 р.