

МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНЕ РИХТУВАННЯ КУЗОВНИХ ПАНЕЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ УЗГОДЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДИСКОВОГО ТИПУ

**А.В. Гнатов, професор, д.т.н., І.С. Трунова, старший викладач, к.т.н.,
В.Р. Ридун, студент, А.О. Гомоненко, студент, ХНАДУ**

***Анотація.** Запропоновано схемне рішення з технічної реалізації дискового узгоджувального пристрою, як інструменту зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування. Проведено експериментальну апробацію розробленого інструменту. Розроблений інструмент може застосовуватися як для створення необхідних деформацій, так і для видалення вм'ятин.*

***Ключові слова:** зовнішнє рихтування, видалення вм'ятин, кузовний ремонт, узгоджувальний пристрій, кузовна панель, інструмент рихтування.*

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ РИХТОВКА КУЗОВНЫХ ПАНЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДИСКОВОГО ТИПА

**А.В. Гнатов, профессор, д.т.н., И.С. Трунова, старший преподаватель, к.т.н.,
В.Р. Ридун, студент, А.А. Гомоненко, студент, ХНАДУ**

***Аннотация.** Предложено схемное решение по технической реализации дискового согласующего устройства, как инструмента внешней магнитно-импульсной рихтовки. Проведена экспериментальная апробация разработанного инструмента. Разработанный инструмент может применяться как для создания необходимых деформаций, так и для удаления вмятин.*

***Ключевые слова:** внешняя рихтовка, удаление вмятин, кузовной ремонт, согласующее устройство, кузовная панель, инструмент рихтовки*

MAGNETIC-PULSE STRAIGHTENING OF CAR BODY PANELS USING THE DISC-TYPE MATCHING DEVICE

**A. Hnatov, Professor, Doctor of Technical Sciences, I. Trunova, Senior teacher,
Candidate of Technical Sciences, V. Ridun, student, A. Gomonenko, student, KhNAHU**

***Abstract.** The schematic for the technical implementation of the disk matching device as an instrument of external magnetic-pulse straightening was proposed. The experimental approbation of the developed tool has been carried out. Developed tool can be used for both creation of necessary deformation and for removing of the dents.*

***Key words:** external straightening, removing dents, body repair, matching device, car body panels, straightening tool.*

Введение

В настоящее время особый интерес представляют методы восстановления и ремонта

кузовных панелей автомобилей, позволяющие произвести, так называемую, внешнюю рихтовку без разборки кузовных элементов и нарушения существующего защитного лако-

красочного покрытия [1, 2]. Наиболее перспективными из них являются магнитно-импульсные методы, основанные на использовании энергии импульсных магнитных полей [3 – 7]. Основное оборудование данных методов состоит из магнитно-импульсной установки (МИУ) – источника мощности, индукторной системы (ИС) – инструмента рихтовки и импульсного повышающего трансформатора тока – согласующего устройства (СУ).

Анализ публикаций

СУ в практике магнитно-импульсной рихтовки согласовывает МИУ с инструментом по индуктивной нагрузке, что позволяет эффективно выполнять операцию рихтовки [3, 4].

Принципиально, СУ представляет собой повышающий по току импульсный трансформатор, который позволяет изменять амплитуду тока в ИС и варьировать значения рабочих частот действующих полей [8].

Разработки эффективных инструментов для магнитно-импульсного притяжения листовых металлов инициированы, ростом спроса на производственные операции по рихтовке кузовных покрытий легковых автомобилей и корпусов самолётов [3–7]. Эффективность процесса рихтовки зависит от значения тока и его параметров (амплитудное значение, частота, форма разрядного импульса) в инструменте – ИС. Следовательно, вопросы, связанные с достижением необходимых параметров разрядного импульса тока в ИС являются достаточно актуальными, и одним из способов их решения является включение в оборудование методов внешней магнитно-импульсной рихтовки различных технических средств – СУ [9].

Цель и постановка задачи

Разработка и предложение схемных решений по технической реализации дискового согласующего устройства, как инструмента внешней магнитно-импульсной рихтовки. Экспериментальная апробация разработанного инструмента внешней магнитно-импульсной рихтовки.

Структурная схема

Один из вариантов возможного практического исполнения СУ представляет собой конструкцию, состоящую из массивного металлического диска с радиальным разрезом (вторичная обмотка), с одной из сторон которого располагается многовитковая катушка (первичная обмотка). Первичная обмотка подключается к выходу МИУ. Индукторная система подсоединяется к вторичной обмотке в области радиального разреза. Схематически СУ с подключённой ИС представлено на структурной схеме комплекса магнитно-импульсной рихтовки рис 1. [3, 9].

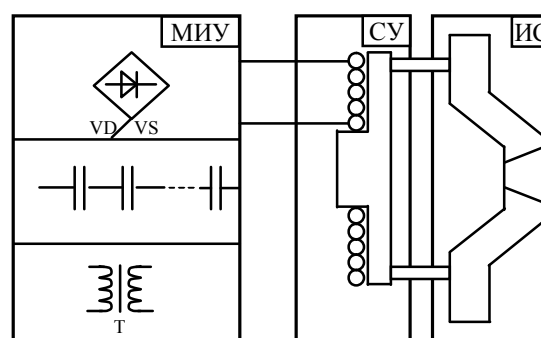


Рис. 1. Структурная схема комплекса магнитно-импульсной рихтовки

Конструкция инструментов внешней рихтовки на базе дискового совмещенного СУ

Проведенный анализ электромагнитных процессов в дисковом СУ в работах [10 - 12] позволяют разработать и предложить одну из возможных технических реализаций инструмента внешней магнитно-импульсной рихтовки на основе дискового СУ, рис. 2. Данное СУ разработано в Лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ и защищено патентом [13]. В представленной технической реализации инструмента (рис. 2) вторичная обмотка дискового СУ совмещена с индуктором, который имеет внутреннее отверстие в форме усеченного конуса. Данный инструмент представляется достаточно эффективным при обработке тонкостенных ферромагнетиков в низкочастотном режиме действующих полей. Примером одного из способов его практического применения является инструмент внешней магнитно-импульсной рихтовки ферромагнитных корпусных и кузовных элементов транспортных средств [9].

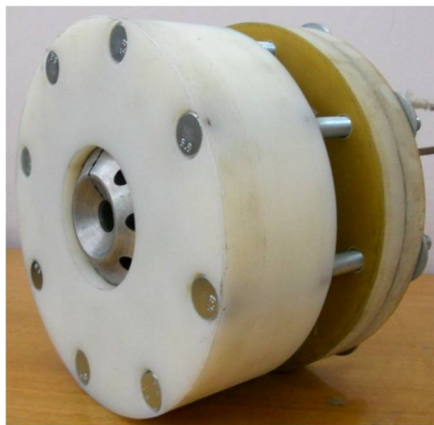
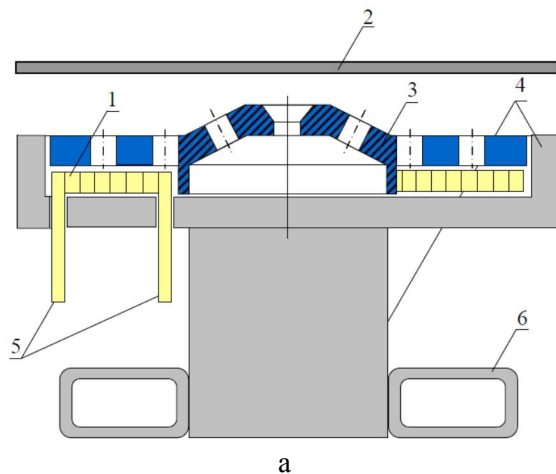


Рис. 2. Инструмент внешней магнитно-импульсной рихтовки: а – конструкторский эскиз; б – экспериментальный вариант: 1 – витки плоской спирали первичной обмотки импульсного трансформатора; 2 – тонкостенная металлическая заготовка; 3 – индуктор-инструмент с внутренним отверстием в форме усеченного конуса; 4 – диэлектрический каркас; 5 – электрические выводы первичной обмотки импульсного трансформатора; 6 – ручки инструмента

Принцип действия инструмента

Электрические выводы 5 первичной обмотки 1 совмещенного дискового СУ, которая намотана в виде спирали на диэлектрический каркас 4, присоединяются к источнику мощности – МИУ [14, 15]. При протекании тока по спиральной первичной обмотке 1, вокруг неё образуется магнитное поле, которое возбуждает в индукторе-инструменте с внутренним отверстием в форме усеченного конуса 3 (вторичная обмотка СУ) электрический ток.

При протекании индуцированного тока по индуктору 3 создается мощное магнитное поле, которое возбуждает в металле тонкостенной заготовки 2 интенсивные нормальную и тангенциальную компоненты напряженности магнитного поля. Взаимодействие магнитного поля индуктора с возбужденными компонентами вектора напряженности магнитного поля в металле тонкостенной заготовки, при условии низких частот действующих полей и наличии магнитных свойств заготовки, приводит к появлению магнитной силы, которая направлена к геометрическому центру индуктора и создает изгибающий механический момент, что в эквиваленте дает эффект притяжения. Оператор фиксирует инструмент над вмятиной в тонкостенном металле (кузовной панели автомобиля) поддерживая его за ручки 6.

Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования по проверки работоспособности разработанного инструмента внешней магнитно-импульсной рихтовки проводились на магнитно-импульсной установке МИУС-2. Данная установка создана в Лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ и является источником мощности для комплекса внешней магнитно-импульсной рихтовки кузовных панелей автомобилей, рис. 3 [3, 9].

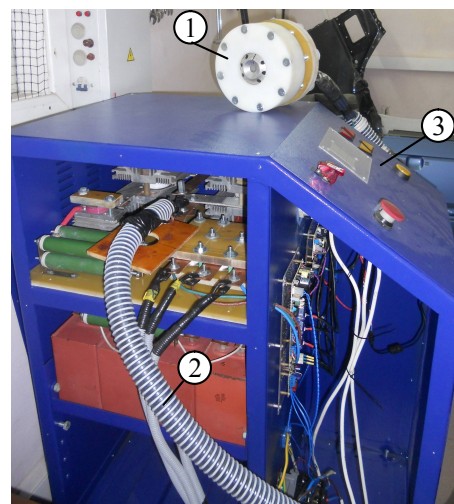


Рис. 3. Лабораторное оборудование для магнитно-импульсного притяжения с максимальным напряжением заряда 2кВ и запасаемой энергией 2 кДж: 1 – инструмент рихтовки – совмещенное дисковое СУ; 2 – кабельное соединение; 3 – МИУ (импульсный генератор)

Электротехнические характеристики комплекса, представленного на рис. 3:

- запасаемая энергия $W \approx 2$ кДж;
- напряжение питающей сети 380/220В;
- ёмкость конденсаторов $C = 1200$ мкФ;
- собственная частота $f_0 \approx 7$ кГц;
- собственная индуктивность $L \approx 440 \dots 500$ нГн;
- напряжение заряда емкостных накопителей $U \approx 100 \dots 2100$ В;
- частота следования разрядных импульсов $f_{\text{имп}} \approx 1 \dots 10$ Гц;
- тип коммутаторов – тиристорные ключи;
- режим работы:
 - а) аperiodический (разрядный импульс униполярной формы);
 - б) колебательный (разрядный импульс – затухающая синусоида).

Условия проведения экспериментальных исследований.

С кабельным подсоединением инструмента к МИУС-2:

- количество серий разрядных импульсов 3;
- количество разрядных импульсов в одной серии 20;
- частота следования импульсов 9 Гц,
- напряжение заряда емкостных накопителей МИУС-2 $U_3 = 2100$ В.

Без кабельного подсоединения инструмента к МИУС-2 (инструмент подсоединялся к МИУС-2 напрямую):

- количество серий разрядных импульсов 3;
- количество разрядных импульсов в одной серии 10;
- частота следования импульсов 9 Гц,
- напряжение заряда емкостных накопителей МИУС-2 $U_3 = 2000$ В.

Образцы элементов кузовной панели автомобиля Citroen используемые в эксперименте представлены на рис. 4

В первой части экспериментальных исследований, используя разработанный инструмент, были созданы деформации на элементах кузовной панели автомобиля Citroen, рис. 4, а. Во второй части экспериментальных исследований полученные деформации были удалены, рис. 4, б (элементы кузовной панели повернули противоположной стороной к инструменту и образованную деформацию совместили с рабочей зоной инструмента, после чего произвели втягивание лунки до ровной поверхности металла кузовной панели).

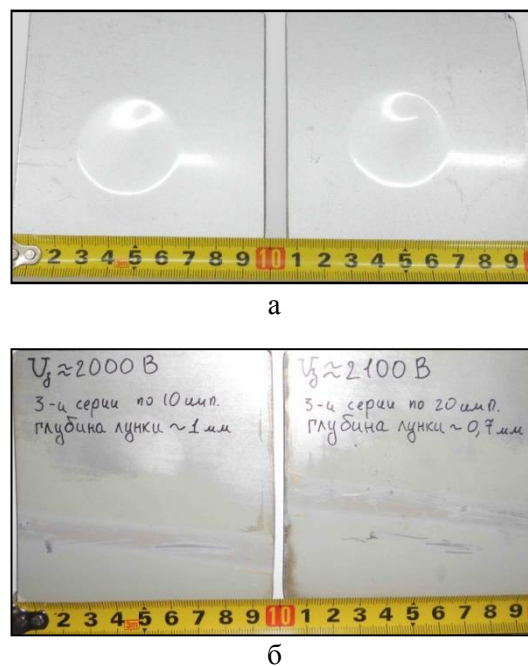


Рис. 4. Элементы кузовной панели автомобиля Citroen, слева – без кабельного подсоединения инструмента; справа – с кабельным подсоединением инструмента: а – создание вмятины; б – удаление вмятины

Следует отметить, что во время экспериментальных исследований защитное лакокрасочное покрытие осталось неповрежденным.

При подключении инструмента через кабельное подсоединение наблюдается небольшая потеря энергии, что отражается на эффективной работе инструмента и требует повышения уровня запасаемой энергии в МИУ. Без кабельного подключения емкостные накопители установки заряжались до напряжения 2000 В и для удаления вмятины необходимо было произвести три серии по 10 силовых импульсов. С кабельным подключением инструмента емкостные накопители установки заряжались до напряжения 2100 В и для удаления вмятины необходимо было произвести три серии по 30 силовых импульсов.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что разработанный инструмент магнитно-импульсной рихтовки на основе совмещенного дискового СУ является эффективным и может применяться как для создания необходимых деформаций, так и для удаления вмятин на кузовной панели автомобиля, доводя образованные лунки до уровня ровной поверхности.

Выводы

Выполненные исследования позволяют сформулировать следующие выводы.

1. Разработано и предложено схемное решение по технической реализации дискового согласующего устройства, как инструмента внешней магнитно-импульсной рихтовки.
2. Выполнена экспериментальная апробация разработанного инструмента внешней магнитно-импульсной рихтовки. Результаты проведенных исследований показали, что разработанный инструмент является эффективным и может применяться как для создания необходимых деформаций, так и для удаления вмятин с элементов кузовных панелей автомобилей.

Литература

1. Don Taylor, «Paint & Body Handbook», HP Trade, Rev. edition, April 1, P. 144, 1994.
2. John Haynes, «The Haynes Automotive Body Repair & Painting Manual», Haynes Manuals N. America, Inc., 1 edition, October 15, P. 208, 1989.
3. Лаборатория электромагнитных технологий // Материалы сайты – 2012. – Режим доступа : <http://electromagnetic.comoj.com>.
4. Welcome to BETAG Innovation [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа: www.beulentechnik.com.
5. Electromagnetic Dent Removal: onsite repairs in minutes [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа: http://www.boeing.com/commercial/aviationservices/brochures/34241_ElectDentRemoval04-05.pdf.
6. Electromagnetic Dent Removal [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа: <http://www.electroimpact.com/EMAGDR/overview.asp>.
7. Need an electromagnetic dent remover on hand. Fluxtronic offers the best: the Portable Flux 3 dent remover [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа: <http://www.fluxtronic.com/product.php>.
8. Psyk V., Risch D., Kinsey B.L., Tekkayaa A.E., Kleiner M., Electromagnetic forming – A review. //Journal of Materials Processing Technology – Elsevier – 2011.# 211, pp.787–829.
9. Batygin Yu. V. Basic diagram and practical algorithm removing dents on the body of vehicle by the pulsed electromagnetic attraction / Yuri V. Batygin, Andrey V. Gnatov // International Journal Of Engineering Sciences & Management / Int. J. of Engg. Sci. & Mgmt. (IJESM), Vol. 5, Issue 1:Jan.-Mar.: 2015, 47-51.
10. Батыгин Ю. В. Согласующее устройство "дискового" типа / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, И. С. Трунова // Электротехніка і електромеханіка. – Х.: НТУ «ХП».– 2012. –№ 2. – С.69–73.
11. Гнатов А. В. Согласующие устройства дискового типа для методов внешней рихтовки кузовных панелей автомобилей / А. В. Гнатов, И.С. Трунова // Автомобиль и электроника. Современные технологии: электронное научное специализированное издание. – Х.: ХНАДУ, 2015. – № 7. – С. 149–154. – ISSN 2226-9266– Режим доступа: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE14_1/index.html.
12. Батыгин Ю. В. Расчет электродинамических процессов в импульсном трансформаторе тока – согласующем устройстве «дискового» типа / Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатов, И.С. Трунова // Электричество. – М., 2013. – № 9. – С. 23–27.
13. Пат. 68745 України, В21 Д 26/14. Спосіб магнітно-імпульсної обробки тонкостінних металевих заготовок / Батигін Ю.В., Гнатов А.В., Чаплигін Є.О., Трунова І.С., Аргун Ш.В.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун-т. – № у 2011 11225 ; заявл. 21.09.2011; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7.
14. Hak Gon Noh, Hong Kyo Kim, Beom Soo Kang, Jeong Kim “Numerical and Experimental Approach to Deform the Sheet with Middle Block Die by EMF” 6th International Conference on High Speed Forming, Dortmund, Germany, 26-29 May, pp. 141–150, 2014.
15. Пат. 4,986,102 USA (США), В21D 26/14. Electromagnetic dent remover with tapped work coil / Hendrickson Glen I., Hansen Karl A.; заявитель и патентообладатель The Boeing Company, Seattle, Wash. – № 355,563 ; заявл. 23.05.1989; опубл. 22.01.1991.

Рецензент: Ю.В. Батыгин, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 27 ноября 2015 г.