

УПРАВЛЯЕМОСТЬ ПРОЦЕССОМ БЕСКОНТАКТНОЙ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ РИХТОВКИ

У статті представлені експериментальні дослідження дозування та керуваності процесу безконтактного магнітно-імпульсного рихтування. Наведені ілюстрації дозування магнітно-імпульсного впливу на прикладі елемента кузовної панелі автомобіля "Субару". Продемонстровано, що процес безконтактного рихтування відбувається без пошкодження захисного лакофарбного покриття панелі автомобіля.

В статье представлены экспериментальные исследования дозируемости и управляемости процесса бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки. Приведены иллюстрации дозируемого магнитно-импульсного воздействия на примере элемента кузовной панели автомобиля "Субару". Продемонстрировано, что процесс бесконтактной рихтовки происходит без повреждения защитного лакокрасочного покрытия панели автомобиля.

ВВЕДЕНИЕ

Постановка проблемы. С каждым годом в мире огромными темпами растет количество автомобилей. Украина занимает 65 место в общемировом рейтинге по количеству автомобилей на душу населения, имея показатель в 98 машин на 1000 населения. Но, к сожалению, вместе с ростом количества автотранспортных средств, растет и количество ДТП с их участием, в которых, в той или иной степени, но обязательно повреждается панели кузовных элементов автомобилей. Поэтому, операции связанные с ремонтом и реставрацией панелей кузовов автомобилей являются весьма актуальными и пользуются все большим спросом. Причем, как показывают статистические данные, до 80% повреждений приходится на небольшие и средние повреждения. Половина из них – это вмятины, не требующие замены всего элемента и устраняемые рихтовкой. Более 50% таких повреждений составляют зоны с затрудненным или полностью закрытым обратным доступом. В этой связи особый интерес представляют методы восстановления кузовов автомобилей, позволяющие произвести, так называемую, внешнюю рихтовку без разборки кузовных элементов и нарушения существующего защитного покрытия [1-3].

Анализ основных достижений и публикаций. Методы и способы магнитно-импульсного ремонта и восстановления кузовов и корпусов транспортных средств имеют одну отличительную особенность, которая особо ярко отражает их преимущества (актуальность, перспективность) по сравнению с традиционными методами [4]. Данная особенность заключается в том, что возбуждаемые усилия, для выполнения производственной операции ремонта, рихтовки или восстановления элементов кузовов являются дозированными и управляемыми [1]. Т.е., энергии затрачивается ровно столько, сколько необходимо и достаточно для проведения данной производственной операции, при этом сама операция является гибкой и управляемой. Это достигается выбором точного значения необходимых дозируемых усилий [1, 5-7].

Одно из первых предложений по созданию устройств магнитно-импульсного притяжения тонкостенных металлов было сформулировано в патенте Н. Furth [8]. Физическая сущность данного предложения сводится к возбуждению "медленного" и "быстрого" магнитных полей с разными временными ха-

рактеристиками. В результате наложения этих полей в рабочей области индуктора реализуется магнитно-импульсное притяжение обрабатываемого металла к индуктору.

Патент Н. Furth не нашёл своего практического воплощения (большая сложность в технической реализации), хотя авторы следующих, более поздних и более удачных проектов ссылаются на него, как на первоисточник в направлении развития систем для магнитно-импульсного притяжения.

К таковым относятся, например, изобретения инженеров "Boeing Company" К. Hansen, I. Hendrickson, P. Zieve и др. [9, 10]. Следует подчеркнуть, что физическая сущность цитируемых разработок принципиально не отличается от физической сущности заявки Н. Furth. Здесь также речь идёт о суперпозиции "медленного" и "быстрого" полей. Но теперь уже авторы говорят о наложении низкочастотного и высокочастотного сигналов в обмотке индуктора-индуктора.

Такие двухчастотные системы нашли свое практическое применение в работах по реставрации корпусов самолётов. В последующем на базе этих разработок из корпорации "Boeing Company" выделились фирмы "Electroimpact" и "Fluxtronic" (США), специализирующиеся именно на магнитно-импульсных технологиях по притяжению металлов [11, 12].

Следует отметить, что все рассмотренные системы работают, в основном, в однократном режиме работы, хотя фирмы "Electroimpact" и "Fluxtronic" говорят о возможности их применения и в серийном режиме работы.

Целью настоящего рассмотрения является иллюстрация управляемости процесса магнитно-импульсного ремонта (формовки, рихтовки, восстановления), осуществляемого с помощью разработанного комплекса для бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования проводились на экспериментальном комплексе для бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки, созданном на базе магнитно-импульсной установки МИУС-2, разработанной в лаборатории электромагнитных технологий

ХНАДУ (рис. 1) [3,5-7].

Технические характеристики комплекса:

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

Условия эксперимента:

- частота следования импульсов – 9 Гц;
- количество импульсов – серии до 50;
- аperiodический режим работы источника мощности, рабочая частота тока в импульсе ~ 2 кГц;
- напряжение на ёмкостном накопителе источника мощности – 1800 В;
- амплитуда тока в разрядном контуре источника мощности – 18 кА;
- амплитуда тока в инструменте магнитно-импульсной рихтовки – 90 кА;
- запасаемая источником энергии – 1,8 кДж.



Рис. 1. Экспериментальный комплекс бесконтактной магнитно-импульсной рихтовки: 1 – инструмент магнитно-импульсного воздействия; 2 – кабельный подвод; 3 – магнитно-импульсная установка МИУС-2

Для проведения эксперимента были взяты образцы панели кузова автомобиля фирмы "Субару" толщиной $\sim 0,8$ мм.

В процессе проведения экспериментальных исследований было сделано два опыта:

- Опыт № 1 Трансформация выпуклости в соответствующую вогнутость на образце обшивки кузова ав-

томобиля "Субару";

- Опыт № 2 Удаление выпуклости на образце обшивки кузова автомобиля "Субару".

Ниже представлена иллюстрация проведенных экспериментальных исследований в соответствии с указанными опытами.

Опыт № 1. Результаты экспериментальных исследований по опыту №1 представлены на рис. 2.

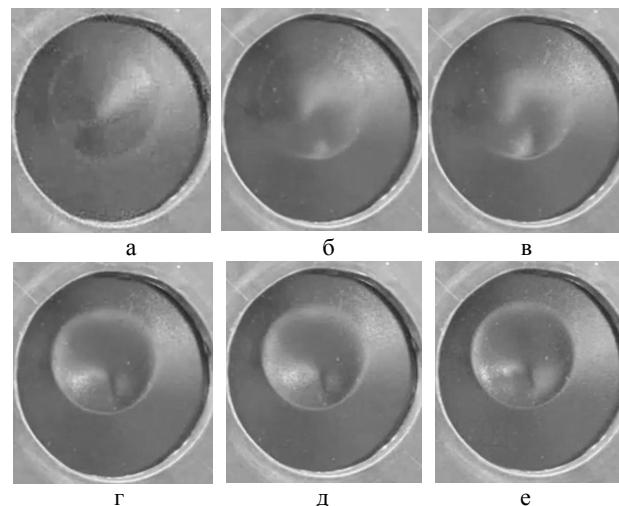


Рис. 2. Дозированная трансформация выпуклости в соответствующую вогнутость на образце обшивки кузова автомобиля "Субару": а – экспериментальный образец с созданной выпуклостью; б – магнитно-импульсное притяжение при воздействии серии из 10 разрядных импульсов; в – при воздействии 12 разрядных импульсов; г – при воздействии 22 разрядных импульсов; д – при воздействии 32 разрядных импульсов; е – при воздействии 42 разрядных импульсов

Опыт № 2 Результаты экспериментальных исследований по опыту №2 представлены на рис. 3.

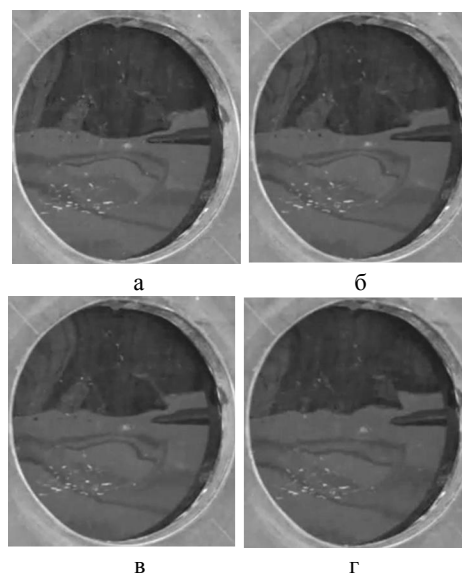


Рис. 3. Удаление выпуклости на образце обшивки кузова автомобиля "Субару": а – экспериментальный образец с выпуклостью; б – магнитно-импульсное удаление выпуклости при воздействии серии из 10 разрядных импульсов; в – при воздействии 20 разрядных импульсов; г – при воздействии 30 разрядных импульсов

ВЫВОДЫ

Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Магнитно-импульсные методы ремонта и реставрации кузовов автотранспортных средств позволяют обеспечить дозируемость и управляемость силового воздействия при выполнении заданной производственной операции.

2. В процессе выполнения операции ремонта, оператор имеет возможность отслеживать интенсивность и уровень силового воздействия, при этом определять необходимое количество силовых импульсов.

3. Операция ремонта и восстановления панелей кузовного покрытия автомобиля происходит бесконтактно и без повреждения защитного (лакокрасочного) покрытия.

4. Магнитно-импульсные методы ремонта позволяют, как создавать необходимые деформации на панелях кузовных элементов автомобиля, так и эффективно удалять на них вмятины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бесконтактная внешняя магнитно-импульсная рихтовка автомобильных кузовов. Сборник трудов XV международной научно-технической конференции ["Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы"], (Севастополь, 10-17 сентября 2012 г.) / А.В. Гнатов – Севастополь: Вестник СевНТУ, 2012. – №. 134. – С. 131–134.
2. Гнатов А.В. Безконтактне магнітно-імпульсне рихтування автомобільних кузовів. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції ["Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій"]. (Тернопіль, 19-21 травня 2010 р.). – Тернопіль: Вісник ТДТУ, 2010. – Т. 15. – № 2. – С. 164-171.
3. Туренко А.Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Т. 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями / Туренко А. Н., Батыгин Ю.В., Гнатов А.В.; монография. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 240 с.
4. Кузовной ремонт легковых автомобилей Мн.: Автостиль, 2003. – 272 с.
5. Лаборатория электромагнитных технологий // Материали сайту – 2012. – Режим доступу: <http://electromagnetic.comoj.com>.
6. Батыгин Ю.В. Притяжение тонкостенных металлических листов магнитным полем одновиткового индуктора / Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатов, С.А. Щиголева // Электричество. – 2011. – № 4. – С. 55-62.
7. Батыгин Ю.В. Магнитно-импульсное притяжение/отталкивание тонкостенных листовых ферромагнетиков / Ю.В. Батыгин, А. В. Гнатов // Электричество. – 2012. – № 8. – С. 58-65.
8. Пат. 3,196,649 USA (США). Devices for metal-forming by magnetic tension / Harold P. Furth; заявитель и патентообладатель Advanced Kinetiks, Inc., Costa Mesa, California. – № 173,680; заявл. 16.02.1962; опубл. 27.07.1965.
9. Пат. 3,998,081 USA (США), B21D 26/14. Electromagnetic dent puller / Hansen Karl A., Hendrickson Glen I.; заявитель и патентообладатель The Boeing Company, Seattle, Wash. – № 489,290; заявл. 17.07.1974; опубл. 21.12.1976.
10. Пат. 5,046,345 USA (США), B21D 1/06. Power supply for electromagnetic proof load tester and dent remover / Zieve Peter B.; заявитель и патентообладатель Peter B. Zieve. – № 451,106; заявл. 15.12.1989; опубл. 10.09.1991.
11. Electromagnetic Dent Removal // Материали сайту – 2013. – Режим доступу: <http://www.electroimpact.com/EMAGDR/overview.asp>.
12. Need an electromagnetic dent remover on hand. Fluxtronic offers the best: the Portable Flux 3 dent remover // Материали сайту – 2013. – Режим доступу: <http://www.fluxtronic.com>.

Peter B.; заявитель и патентообладатель Peter B. Zieve. – № 451,106; заявл. 15.12.1989; опубл. 10.09.1991.

11. Electromagnetic Dent Removal // Материали сайту – 2013. – Режим доступу: <http://www.electroimpact.com/EMAGDR/overview.asp>.

12. Need an electromagnetic dent remover on hand. Fluxtronic offers the best: the Portable Flux 3 dent remover // Материали сайту – 2013. – Режим доступу: <http://www.fluxtronic.com>.

Bibliography (transliterated): 1. Beskontaktnaya vneshnyaya magnitno-impul'snaya rihтовка avtomobil'nyh kuzovov. Sbornik trudov HV mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii ["Avtomobil'nyj transport: problemy i perspektivy"], (Sevastopol', 10-17 sentyabrya 2012 g.) / A.V. Gnatov - Sevastopol': Vestnik SevNTU, 2012. - №. 134. - S. 131-134. 2. Gnatov A.V. Bezkontaktnye magnitno-impul'snye rihтовannyya avtomobil'nyh kuzoviv. Materiali mizhnarodnoї naukovo-tehnicnoї konferencii ["Fundamental'ni ta prikladni problemi suchasnih tehnologij"]. (Ternopil', 19-21 travnya 2010 r.). - Ternopil': Visnik TDTU, 2010. - T. 15. - № 2. - S. 164-171. 3. Turenko A.N. Impul'snye magnitnye polya dlya progressivnyh tehnologij. T. 3. Teoriya i `eksperiment prityazheniya tonkostennyh metallov impul'snymi magnitnymi polyami / Turenko A. N., Batygin Yu.V., Gnatov A.V.; monografiya. - Har'kov: HNADU, 2009. - S. 164-171. 4. Kuzovnoj remont legkovykh avtomobilej Mn.: Avtostil', 2003. - 272 s. 5. Laboratoriya `elektromagnitnyh tehnologij // Materiali sajtu - 2012. - Rezhim dostupu: <http://electromagnetic.comoj.com>. 6. Batygin Yu.V. Prityazhenie tonkostennyh metallicheskih listov magnitnym polem odnovitkovogo induktora / Yu.V. Batygin, A.V. Gnatov, S.A Schigoleva // `Elektrichestvo. - 2011. - № 4. - S. 55-62. 7. Batygin Yu.V. Magnitno-impul'snoe prityazhenie/ottalkivanie tonkostennyh listovyh ferromagnetikov / Yu.V. Batygin, A. V. Gnatov // `Elektrichestvo. - 2012. - № 8. - S. 58-65. 8. Pat. 3,196,649 USA (SShA). Devices for metal-forming by magnetic tension / Harold P. Furth; zayavitel' i patentoobladatel' Advanced Kinetiks, Inc., Costa Mesa, California. - № 173,680; zavyal. 16.02.1962; opubl. 27.07.1965. 9. Pat. 3,998,081 USA (SShA), B21D 26/14. Electromagnetic dent puller / Hansen Karl A., Hendrickson Glen I.; zayavitel' i patentoobladatel' The Boeing Company, Seattle, Wash. - № 489,290; zavyavl. 17.07.1974; opubl. 21.12.1976. 10. Pat. 5,046,345 USA (SShA), B21D 1/06. Power supply for electromagnetic proof load tester and dent remover / Zieve Peter B.; zayavitel' i patentoobladatel' Peter B. Zieve. - № 451,106; zavyavl. 15.12.1989; opubl. 10.09.1991. 11. Electromagnetic Dent Removal // Materiali sajtu - 2013. - Rezhim dostupu: <http://www.electroimpact.com/EMAGDR/overview.asp>. 12. Need an electromagnetic dent remover on hand. Fluxtronic offers the best: the Portable Flux 3 dent remover // Materiali sajtu - 2013. - Rezhim dostupu: <http://www.fluxtronic.com>.

Поступила 04.03.2013

Гнатов Андрей Викторович, к.т.н., доц.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет кафедра автомобильной электроники 61002, Харьков, ул. Петровского 25 тел. (057) 7003852, e-mail: kalifus@yandex.ru

Gnatov A.V.

Controllability of non-contact magnetic pulse straightening.

Experimental research on dosing and controllability of non-contact magnetic pulse straightening is presented in the article. Illustrations of dosed magnetic-pulse action are given by the example of an element of a Subaru body panel. It is demonstrated that non-contact straightening does not damage the protective paint coating of a car body.

Key words – electromagnetic forming, non-contact straightening, magnetic-pulse action, magnetic pulse installation, dents removal, repair of vehicles.