

Гнатов А.В., к.т.н., проф.; Аргун Щ.В., к.т.н., ст. викл.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Описано інноваційне обладнання зовнішнього ремонту кузовних елементів автомобілів, яке розроблене в Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ. Представлена нова прогресивна технологія зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування пошкоджених елементів кузовних панелей. Описано технологічний маршрут операції зовнішнього рихтування. Представлена система індукційного нагріву, розроблена в Лабораторії електромагнітних технологій, приведені її технічні характеристики і переваги.

Ключові слова: *зовнішнє рихтування, видалення вм'ятин, кузовний ремонт, індукційний нагрів, кузовна панель, магнітно-імпульсні технології ремонту.*

Постановка проблеми. З кожним роком у світі величезними темпами зростає кількість автомобілів. Україна займає 65 місце у загальносвітовому рейтингу за кількістю автомобілів на душу населення, маючи показник 98 машин на 1000 людей. Але разом із збільшенням кількості автотранспортних засобів, зростає і кількість ДТП за їх участю, у яких, тією чи іншою мірою, пошкоджуються панелі кузовних елементів автомобілів. Крім аварійних ситуацій, поява вм'ятин на кузовних панелях автомобілів обумовлена також і рядом інших причин. Наприклад, град, невдале паркування, камені з-під коліс машин, що їдуть попереду, тощо. Тому операції, які пов'язані з ремонтом і реставрацією кузовних панелей автомобілів, є досить актуальними і користуються все більшим попитом.

Як показують статистичні дані, до 80% пошкоджень є невеликими та середніми. Половина з них – це вм'ятини, які не потребують заміни всього елемента й усуваються рихтуванням. Більше 50% таких пошкоджень становлять зони з ускладненим або повністю закритим зворотним доступом. У зв'язку з цим особливий інтерес викликають методи відновлення кузовів автомобілів, що дозволяють здійснювати зовнішнє рихтування без розбирання кузовних елементів і порушення існуючого захисного покриття. Найбільш яскравими прикладами є безконтактні магнітно-імпульсні методи відновлення кузовних панелей автомобілів (зовнішнє безконтактне магнітно-імпульсне рихтування) [1–3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Слід звернути увагу і на наявність інших, альтернативних по відношенню до магнітно-імпульсного, методів видалення вм'ятин з листових металів. Так, фірмою Beulentechnik AG (зараз «Betag Innovation») [4] запропоновані механічні способи зовнішнього рихтування вм'ятин на автомобільних кузовах. Проте їх практичне здійснення вимагає високої кваліфікації виконавця і не є достатньо якісними з погляду збереження елемента, що відновлюється. Американськими інженерами запропоновано цілий ряд технічних способів видалення вм'ятин з металевих конструкцій. Наприклад, в патентах [5, 6] описаний спосіб видалення вм'ятин за допомогою магніту (електромагніту). Суть даного способу полягає у тому, що до місця з вм'ятиною на металі підносять магніт, а з протилежної сторони, тобто із зворотної сторони пошкодженої ділянки листового металу, підносять металевий об'єкт, який володіє гарними магнітними властивостями (кульку, ролик, масивну металеву підкладку). Магніт, притягаючи металевий об'єкт, видаляє вм'ятину. В патенті [7] запропоновано комплекс по видаленню вм'ятин з кузовів автомобілів, в основу якого встановлено поєднання гідравліки з електромагнітом. В патенті [8] описаний пневматичний спосіб і устаткування для видалення вм'ятин з кузовів автомобілів. Також є вакуумний спосіб видалення вм'ятин описаний в патенті [9]. В монографії [10] описується спосіб видалення вм'ятин за допомогою інтенсивного нагріву з подальшим різким охолодженням ділянки, де знаходиться вм'ятинка. Автори монографії [11] описують спосіб прямого пропускання струму через оброблюваний метал, принцип дії якого заснований на взаємодії паралельних провідників зі струмами (закон Ампера). В результаті провідники з

однаково направленими струмами притягуються один до одного, що і лежить в основі усунення деформацій.

Загальним недоліком перелічених методів є те, що захисне лакофарбове покриття кузовної панелі в процесі такого рихтування пошкоджується. Більшість з цих методів потребує доступу до пошкодженої ділянки кузовної панелі з протилежної сторони, тобто вимагає розбирання і демонтаж кузовних елементів.

Мета роботи – опис з практичною апробацією нових прогресивних методів зовнішнього магнітно-імпульсного ремонту кузовних елементів автомобілів, розроблених в Лабораторії електромагнітних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ).

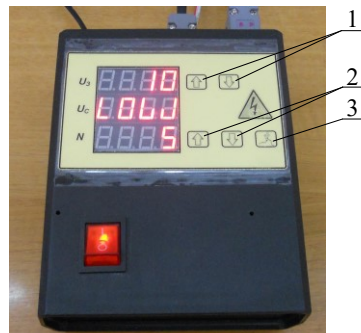
Комплекс зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування

У Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ розроблено експериментальний варіант (прототип) комплексу зовнішньої магнітно-імпульсної рихтування кузовних панелей автомобілів, рис. 1 [12].

Технічні характеристики комплексу: енергія, що накопичується $W = 2$ кДж; напруга мережі живлення $\sim 380/220$ В; ємність конденсаторів $C = 1200$ мкФ; власна частота $f_0 = 7$ кГц; власна індуктивність $L = 440 \div 500$ нГн; напруга заряду ємнісних накопичувачів $U_3 = 100 \div 2100$ В; частота проходження розрядних імпульсів $f_{imp} = 1 \div 10$ Гц.



а)



- 1 – кнопки збільшення/зменшення напруги заряду конденсаторних батарей;
- 2 – кнопки збільшення/зменшення кількості розрядних імпульсів;
- 3 – кнопка «Пуск» – заряду/розряду конденсаторних батарей

б)

Рис. 1 – Експериментальний комплекс зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування:
а – МІУС-2 з кабельним приєднанням інструмента; б – пульт управління

Роботу комплексу зовнішньої магнітно-імпульсної рихтування кузовних панелей автотранспортних засобів можна проілюструвати схемою, представленою на рис. 2. Енергетичний блок (джерело потужності) працює від мережі $\sim 380/220$ В. Управління роботою комплексу здійснюється приладами контролю і управління (система управління). Інструмент, за допомогою якого оператор виконує відновлення пошкодженої металевої поверхні, з'єднаний з енергетичним блоком гнучким кабелем.

В ході теоретичних та експериментальних досліджень, щодо зовнішнього рихтування кузовних панелей автомобілів, авторським колективом Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ запропонований та відпрацьований технологічний маршрут операції зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування.

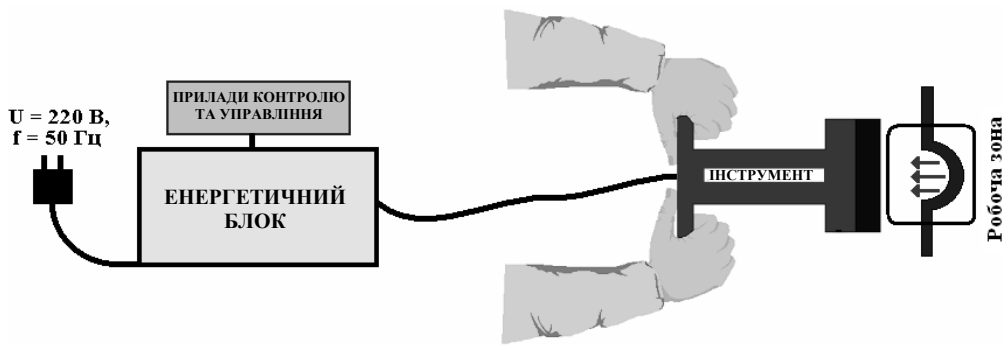
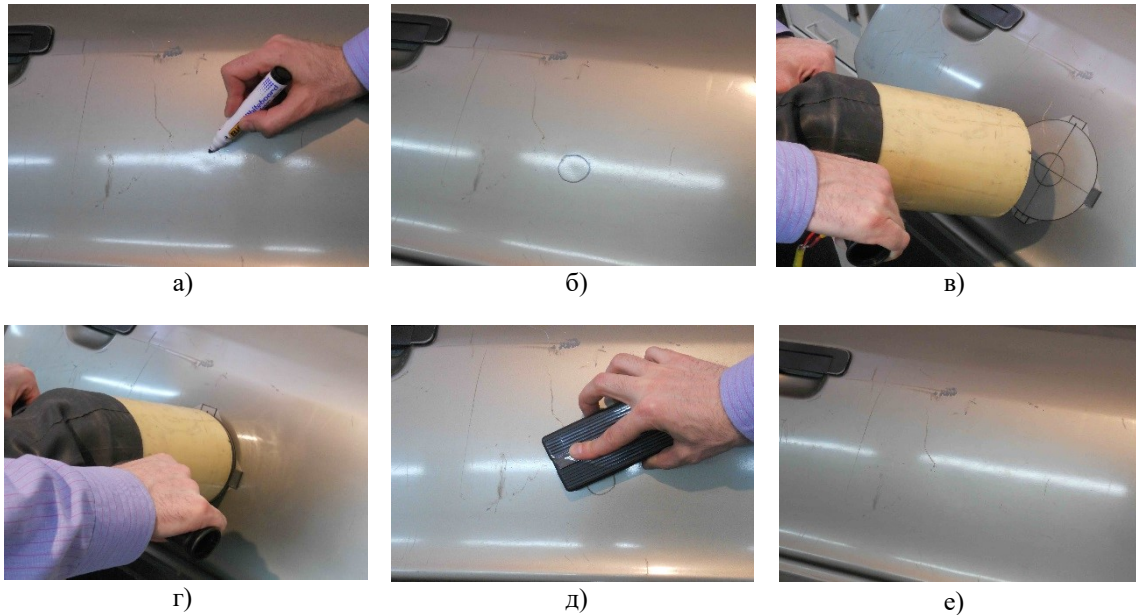


Рис. 2 – Схема, що ілюструє роботу комплексу в технології зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування



а – визначення вм'ятини; б – позначення її граничних розмірів; в – фіксація інструменту над вм'ятиною; г – магнітно-імпульсне рихтування; д – видалення маркерних позначень; е – панель двері автомобіля після рихтування

Рис. 3 – Фотоілюстрації технологічного маршруту

Технологічний маршрут

1. Зовнішній огляд поверхні елементів кузова автомобіля на предмет оцінки пошкоджень, як об'єктів, що підлягають усуненню (рис. 3, а). Геометричні розміри і характер виявлених вм'ятин визначає рівень та інтенсивність необхідного силового впливу.
2. Визначається геометричний розмір вм'ятини та її форма та фіксується маркером, який легко стирається (рис. 3, б).
3. На поверхні елемента кузовної панелі над вм'ятиною розміщується спеціальна діелектрична накладка, призначення якої – жорстка фіксація робочої зони інструменту зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування по відношенню до зовнішніх кордонів вм'ятини, що підлягає усуненню (рис. 3, в).
4. Вибирається необхідний рівень енергії, який встановлюється оператором на пульті управління.
5. Вибирається необхідна кількість розрядних імпульсів силового впливу.
6. Оператор фіксує інструмент зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування над вм'ятиною на кузовній панелі автомобіля (рис. 3 в).
7. Оператор приводить систему зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування кузовної панелі автомобіля в дію (рис. 3, г). Сили, що збуджуються, притягують метал кузовної панелі в області робочої зони інструменту до стадії вирівняної поверхні.

8. Після проведення операції рихтування та корекції інструмент і діелектрична накладка убираються, стираються нанесенні маркером позначення (рис. 3, д,е).

Індукційний нагрів в ремонтних технологіях

Індукційний нагрів (ІН) – відоме фізичне явище, яке часто застосовується у багатьох технологіях, де необхідно виконувати швидкий локальний нагрів металевих об'єктів до високих температур з метою їх подальшої обробки. Це явище базується на генерації теплоти в металі об'єкта (закон Джоуля-Ленца) за рахунок струмів Фуко, які індукуються зовнішнім змінним електромагнітним полем. З 1930 р. вперше почали застосовувати індукційний нагрів для плавки металів у великих об'ємах [13].

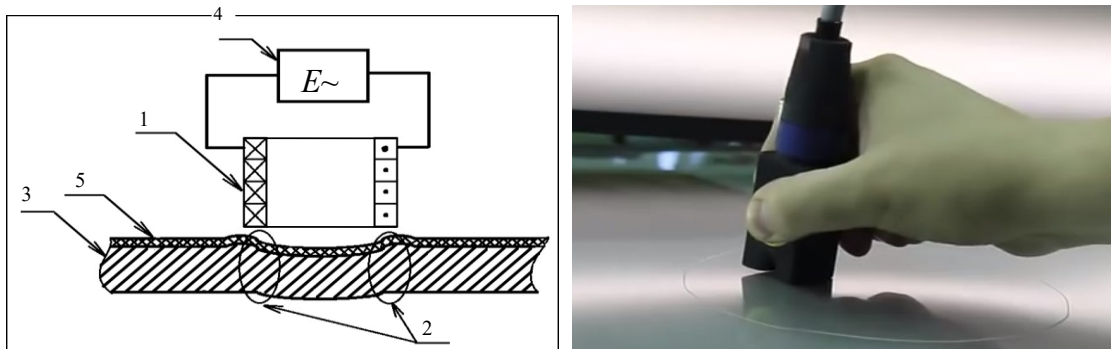
Швидка і своєчасна модернізація будь-яких технологічних процесів, слугує запорукою успішного розвитку та утримання на ринку тієї чи іншої галузі виробництва або сервісу. Альтернативним є використання описаного явища при виконанні технічного обслуговування та ремонту автомобіля. За допомогою установок ІН можна прискорювати демонтажні роботи, це – розігрів болтових з'єднань; складних клеєних частин; зняття лакофарбового покриття та ін., рис. 4.



Рис. 4 – Індукційний нагрів в ремонтних технологіях автотранспорту

Ще однією з можливих реалізацій ІН для ремонтних технологій на транспорті є локальний нагрів кузовної панелі автомобіля, що дає можливість виконувати усунення вм'ятин, якщо не сталося розтягування металу, шляхом ослаблення внутрішніх напружень в металі (операції по усадці металу). Ідея використовувати попередній ІН в технологіях магнітно-імпульсної обробки металів, була запропонована ще в 1984 р. [14]. Авторами пропозиції була розроблена і створена система, яка реалізує протікання струму в обмотці робочого інструмента до моменту силового впливу. Попередній індукційний нагрів дозволяв суттєво підвищити ефективність магнітно-імпульсного деформування в цілому.

Найбільш цікавим, залишається альтернативне застосуванням ІН в технологіях поверхневого рихтування неглибоких вм'ятин у металевому корпусі. На рис. 5. докладно пояснена суть цього методу.



1 – котушка інструмента ІН; 2 – область пошкодженої ділянки кузовної панелі; 3 – кузовна панель автомобіля; 4 – джерело енергії; 5 – шар захисного лакофарбового покриття

Рис. 5 – Видалення вм'ятин (ліворуч – схема методу, праворуч – фізична реалізація)

На рис. 6 приведено зовнішній вид системи індукційного нагріву, яка розроблена в Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ [12].



Рис. 6 – Система індукційного нагріву ХНАДУ

Робочі характеристики розробки:

- мережа живлення ~ 220 В, 50 Гц;
- потужність до ~ 2 кВт;
- максимально можлива температура нагріву до ~ 1200 °С.

Базова комплектація:

- джерело потужності;
- інструмент точкового (локального) розігріву для демонтажу автомобільного скла, рихтування дрібних вм'ятин;
- інструмент широкого розігріву (областей діаметром до 100 мм) для зняття старої фарби, демонтажу декоративних накладок і молдингів;
- інструмент розігріву кутових поверхонь для демонтажу фланцевих стиків, вихлопних колекторів;
- інструмент нагріву гайок і болтів для роз'єднання різьбових з'єднань.

Переваги запропонованої розробки:

- відсутність відкритого вогню;
- рівномірність прогріву по всій поверхні;
- легкість і мобільність, відсутність витратних матеріалів;
- простота в обігу (відсутність спеціальної підготовки).

Висновок

1. Показана актуальність, що зростає і велика перспективність впровадження магнітно-імпульсних технологій. А також методи та способи ремонту і відновлення кузовних елементів транспортних засобів.

2. Описані розробки Лабораторії електромагнітних технологій з практичною апробацією нової прогресивної технології зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування пошкоджених елементів кузовних панелей автомобілів без їх розбирання і демонтажу і систем індукційного нагріву для ремонтних технологій на автотранспорті. Приведено технологічний маршрут операції зовнішнього безконтактного магнітно-імпульсного рихтування.

3. Описані системи індукційного нагріву для ремонтних технологій на автотранспорті. Представлена розробка системи індукційного нагріву Лабораторії електромагнітних технологій з її технічними характеристиками і перевагами.

Список літературних джерел

1. Новая современная технология внешней бесконтактной рихтовки автомобилей : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції ["Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту"], (Вінниця, 21-23 жовтня, 2013 р.) / А. В. Гнатов – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 192 с. (С. 39–41).
2. Гнатов А.В. Научные основы восстановления кузовных панелей автомобилей методами внешней бесконтактной рихтовки: дисс. ... доктора техн. наук : 05.22.20 / Гнатов Андрей Викторович. – Х., 2014. – 391 с.
3. Кузовные работы : [пособие по самостоятельному ремонту. Цветные фотографии]. – Днепропетровск : Монолит, 2011. – 164 с.
4. Welcome to BETAG Innovation [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа: www.beulentechnik.com.
5. Пат. 7,124,617 B2 USA (США), B21J 15/24 B21D 5/00. Magnetic dent removal device, method and kit / Eric Richard Satterlee, Wayne Tanabe; заявитель и патентообладатель Eric Richard Satterlee, Wayne Tanabe, Hickory, Arlington HeightP. – № 10/341,611 ; заявл. 14.01.2003; опубл. 24.10.2006.
6. Пат. 7,143,627 B2 USA (США), B21J 15/24. Apparatus and method for removing dents from metal / James M. Akins; заявитель и патентообладатель James M. Akins, Dublin. – № 11/138,057 ; заявл. 26.05.2005; опубл. 05.12.2006.
7. Пат. 4,252,008 USA (США), B21D 26/14. Apparatus for removing dents from automobile bodies and the like / William L. Dibbens; заявитель и патентообладатель William L. DibbenP. – № 12/648 ; заявл. 16.02.1979; опубл. 24.02.1981.
8. Пат. 6,014,885 USA (США), B21D 1/06. Dent removal apparatus and method of operation / Gerald J. Griffaton; заявитель и патентообладатель Gerald J. Griffaton, Berwyn. – № 08/958,424 ; заявл. 27.10.1997; опубл. 18.01.2000.
9. Пат. 6,538,250 B1 USA (США), B21D 1/12. Apparatus and method for vacuum dent repair / Borchert Donald Paul; заявитель и патентообладатель Dent Defyer Inc. – № 09/707,562 ; заявл. 06.11.2000; опубл. 25.03.2003.
10. Гнатов А.В. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Магнитно-импульсные технологии бесконтактной рихтовки кузовных элементов автомобиля: монография / А. В. Гнатов, Ю. В. Батыгин, Е. А. Чаплыгин. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 242 с.
11. Туренко А. Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями: монография / А. Н. Туренко, Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов. – Х.: ХНАДУ, 2009. – 240 с.
12. Лаборатория электромагнитных технологий // Материалы сайта – 2015. – Режим доступа: <http://electromagnetic.comoj.com>.
13. Слухоцкий А.Е., Установки индукционного нагрева. //Ленинградское издание. Энергоиздат. Л:1981. – 330с.
14. Белый И. В. Деформирование металлов импульсным электромагнитным полем с предварительным индукционным нагревом заготовок / И. В. Белый, Л. Д. Горкин, Л. Т. Хищенко // Кузнечно-штамповочное производство. – М., 1984. – №7. – С. 6–8.

Гнатов Андрій Вікторович – д.т.н., доцент, професор кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Аргун Щасяна Валіковна – к.т.н., старший викладач кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.