

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ИНДУКЦИОННЫМИ ИНДУКТОРНЫМИ СИСТЕМАМИ ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ ЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Батыгин Ю. В., д.т.н., проф.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, кафедра "Высшая математика"

тел. (057) 707-62-45

Чаплыгин Е.А.

Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет

Украина, 61002, Харьков, ул. Петровского, 25, "Автомобильная электроника"

тел. (057) 700-38-52, Email: batygin@kpi.kharkov.ua, chaplygin_e_a@mail.ru.

Черногор Т.Т.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, кафедра "Высшая математика"

тел. (057) 707-62-45

У даній роботі запропоновано конструкційне рішення по збільшенню ефективності магнітно-імпульсного притягнення у індукційних індукторних системах. технічна сутність зводиться до вибору геометричної форми допоміжного екрану, що дозволяє зменшити відстань між взаємодіючими об'єктами. Проведена апробація експериментальної моделі показала її практичну дію.

В настоящей работе предложено конструктивное решение по увеличению эффективности магнитно-импульсного притяжения в индукционных индукторных системах. Техническая сущность предложения сводится к выбору геометрической формы вспомогательного экрана, позволяющей уменьшить расстояние между взаимодействующими объектами. Проведенная апробация экспериментальной модели показала её практическую действенность.

ВВЕДЕНИЕ

Разработки инструментов для магнитно-импульсного притяжения листовых металлов инициированы производственными операциями по реставрации кузовных покрытий легковых автомобилей и корпусов самолётов. Речь идёт о выравнивании металлических поверхностей с вмятинами, появляющимися по тем или иным причинам в процессе эксплуатации. Причём, как показывает опыт, наибольший интерес вызывает возможность применения, так называемой, внешней рихтовки без разборки корпуса и нарушения существующего лакокрасочного покрытия [1].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Фирмой "Beulentechnik AG" (Швейцария) предложен довольно обширный ряд механических способов внешней рихтовки вмятин в автомобильных кузовах [2]. Однако, их практическое осуществление требует очень высокой квалификации исполнителя и не обладает достаточной надёжностью с точки зрения сохранности ремонтируемого элемента. Последнее замечание означает, что в процессе реставрации возможно и его разрушение.

Наиболее реальными для практики и эффективными с точки зрения силового воздействия представляются магнитно-импульсные комплексы для внешней рихтовки корпусов самолётов, созданные на протяжении последних 35...40 лет фирмами "Boeing" и "Electroimpact" (США) [2]. Физический принцип, положенный в их основу сводится к использованию

"медленного" и "быстрого" магнитных полей. Первое свободно проникает сквозь обрабатываемый металл. Второе, вследствие достаточно высокой частоты, концентрируется в рабочей зоне индуктора-инструмента. Суперпозиция этих полей позволяет достичь притяжения заданного участка с вмятиной в течение определённого временного интервала. Для практической реализации данного предложения необходимы два источника электромагнитной энергии, достаточно сложные высоковольтные системы управления и синхронизации генерируемых токовых импульсов. Эти факты существенно снижают надёжность работы комплекса для устранения вмятин в целом и значительно увеличивают его стоимость.

Задача о притяжении листовых металлов с помощью силового воздействия со стороны электромагнитных полей может быть решена также и с использованием самых разнообразных технических решений, выдвинутых в разное время разными авторами и отличных от вышеупомянутых предложений фирм "Boeing" и "Electroimpact" (США).

К таковым, например, можно отнести различные вариации способа, описанного в монографии [3] и заключающегося в создании медленно нарастающего магнитного поля, резко прерываемого при достижении заданного уровня напряжённости. При этом в обрабатываемой заготовке наводятся вихревые токи, экранирующие внутреннее поле и препятствующее его уменьшению. Направление индуцированных токов таково, что возникающие электродинамические

усилия притягивают заготовку к индуктору, вызывая её деформирование.

Принципиальная действенность индукционных индукторных систем, основанных на взаимном притяжении проводников с одинаково направленными токами, проиллюстрирована в научных публикациях [4,5] и защищена патентами [6,7].

Практической апробации подвергалась одновитковая цилиндрическая конструкция с двумя одинаковыми листовыми металлами, один из которых играл роль дополнительного вспомогательного экрана и жёстко закреплялся на диэлектрическом основании. Второй лист представлял собой заготовку, подлежащую деформированию. Оба листовых металла располагались симметрично по обе стороны витка индуктора.

Источник мощности – магнитно-импульсная установка МИУ-10, с запасаемой энергией 10 кДж. Рабочая частота составляла ~ 3.5 кГц.

Для большей информативности приведём её основные технические характеристики.

- максимальная запасаемая энергия накопителя – 9,6 кДж;
- номинальное напряжение – 20,0 кВ;
- емкостной накопитель 48,0 мкФ;
- количество конденсаторов – 4;
- собственная индуктивность – 76,0 нГн;
- собственная частота – 83,0 кГц;
- тип разрядника – воздушный тригatron;
- масса ориентировочная 700,0кг;
- габаритные размеры установки, в плане – 1520x800 мм, высота – 850 мм;
- напряжение питающей сети – 380,0 В.

Под действием сил притяжения заготовка деформировалась по форме внутреннего окна индуктора. Проведенные эксперименты ограничились лишь

вытягиванием заданных участков до образования выпуклостей на её поверхности. Их результаты показаны на рис.1.

Устранение полученных деформаций притяжением в данной конструкции индукционной индукторной системы оказалось малоэффективным. Основная причина – ослабление электродинамического взаимодействия токов экрана и заготовки вследствие увеличения расстояния между ними.

Для реализации эффекта притяжения листовую заготовку следовало расположить вогнутостью к вспомогательному экрану. С его стороны данный участок теперь представлял собой вмятину, подлежащую устранению. Если учесть реальную толщину витка индуктора, изоляционных прокладок и глубину вмятины, то расстояние между проводниками с взаимодействующими токами оказалось почти вдвое большим по сравнению с первоначальным вариантом строго компланарных листовых поверхностей, когда реализовалось "вытягивание". Силы притяжения значительно упали. Их воздействие стало недостаточным для эффективного осуществления апробируемой производственной операции.

Из проведенного анализа следует, что для увеличения электродинамических усилий и устранения вмятин необходимо уменьшить расстояние между взаимодействующими объектами.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель настоящей работы – анализ, предложение и экспериментальная апробация решения по увеличению эффективности магнитно-импульсного притяжения в индукционных индукторных системах.

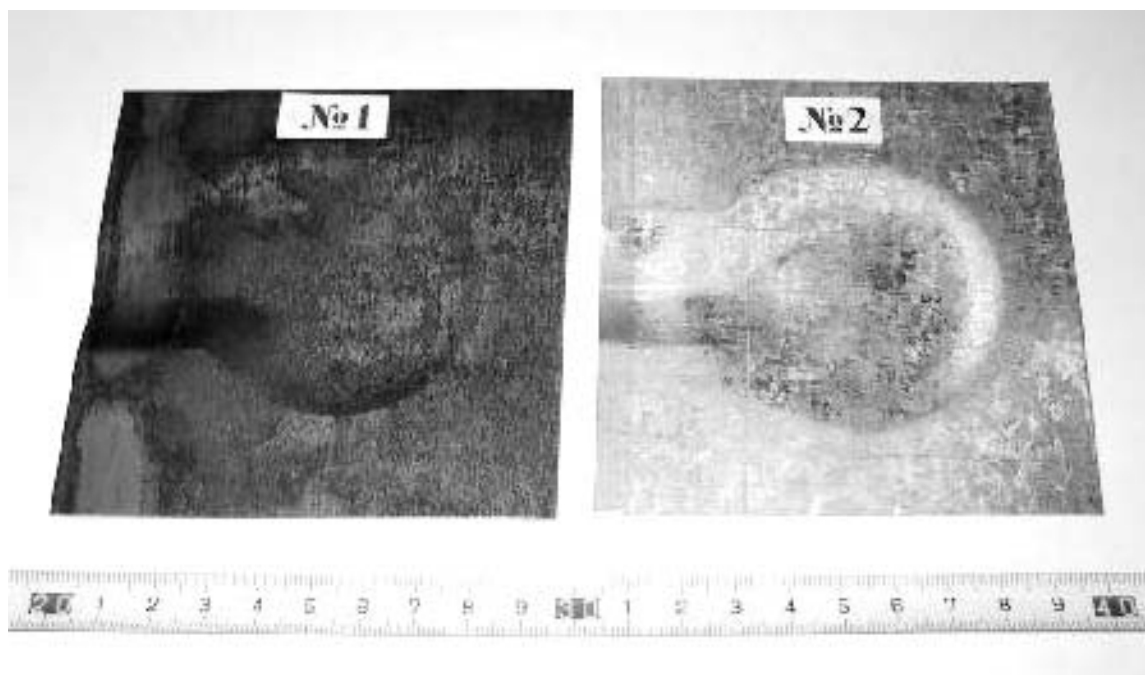


Рис. 1. - Образцы стальных листов, деформированные притяжением заданных участков, №1 – электротехническая сталь, №2 – оцинкованное железо

ЭКСПЕРИМЕНТ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ОБСУЖДЕНИЕ

Поставленная цель может быть достигнута, если часть экрана в рабочей зоне индукторной системы (это внутреннее окно витка) следует выполнить выпуклой и частично выступающей над плоскостью витка. В идеале, форма вспомогательного экрана в рабочей зоне индукторной системы должна бы повторять форму устраняемой вмятины. В этом случае рас-

стояние между проводниками с взаимодействующими токами может быть уменьшено до сколь угодно малой величины. Ограничение определяется лишь толщиной необходимой изоляционной прокладки и геометрической формой вмятины.

Такая конструкция индукционной индукторной системы была изготовлена. Её основные элементы представлены на рис.2 и рис.3.

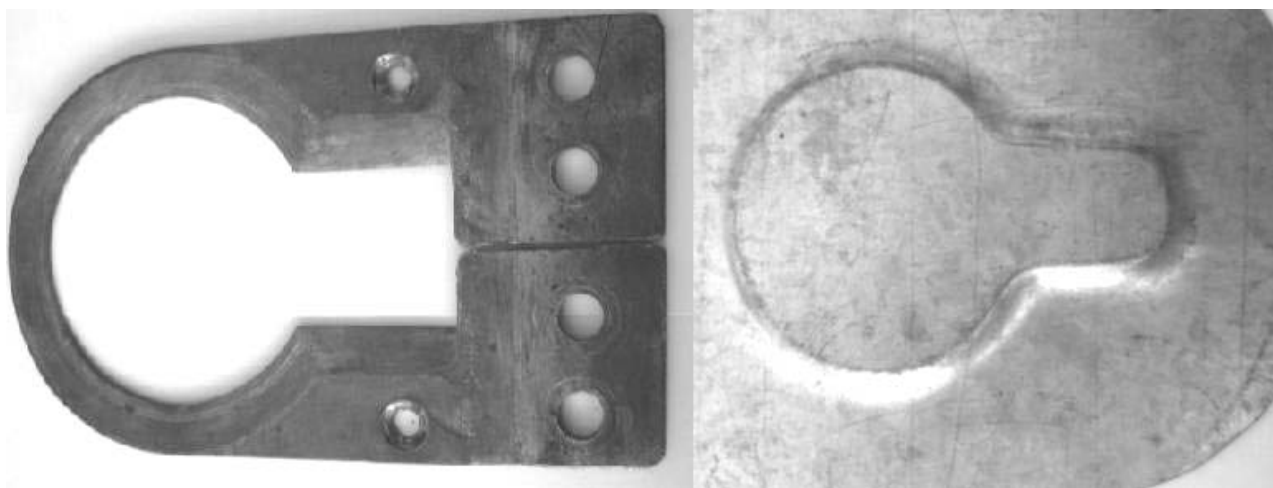


Рис.2 - Одновитковый индуктор и выпуклый вспомогательный экран

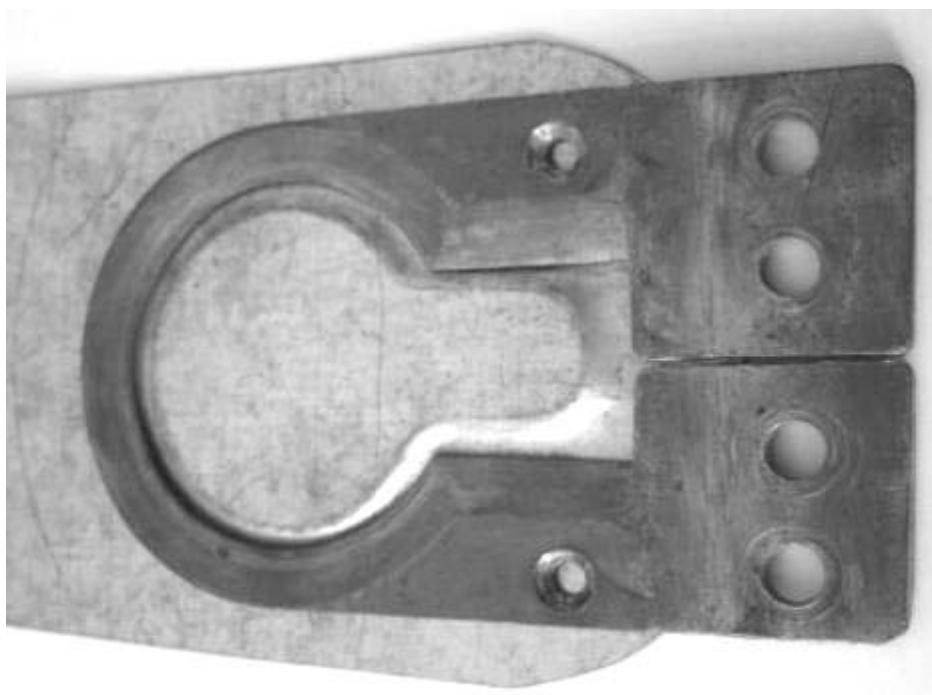


Рис.3. - Индуктор с выпуклым экраном в сборе

Предложенное конструктивное решение для инструмента магнитно-импульсного притяжения было протестировано практически.

В качестве источника мощности использовалась та же магнитно-импульсная установка МИУ-10, что и в предыдущих экспериментах, описанных авторами [4].

В листовом образце ~ 0.8 мм из обшивки кузова

автомобиля фирмы "Мицубиси" толщиной были выполнены две идентичные вмятины. Одна из них – контрольная, вторую следовало устранить с помощью магнитно-импульсного воздействия.

Проведенные эксперименты дали позитивные результаты. Эффективность притяжения существенно возросла. Этот факт отражён на рис.4.

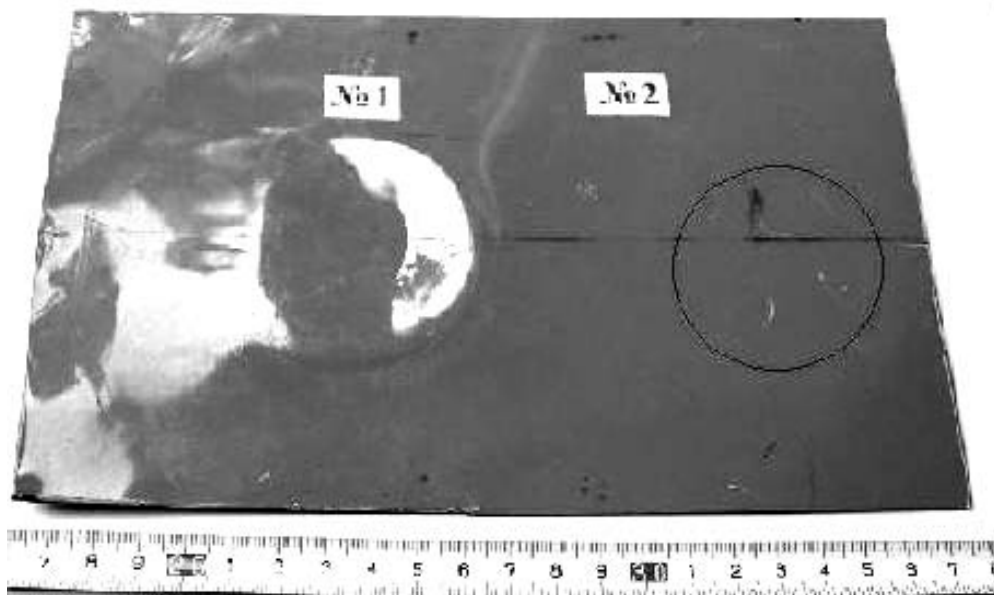


Рис.4. - Экспериментальный образец листовой стали кузова автомобиля фирмы "Мицубиси", №1 – исходная контрольная вмятина, №2 – результат устранения идентичной вмятины с помощью магнитно-импульсного притяжения

ВЫВОДЫ

Из проведенных экспериментов следует, что:

- выполнение вспомогательного экрана индукционной индукторной системы выпуклым позволяет уменьшить расстояние между взаимодействующими токами и увеличить эффективность магнитно-импульсного притяжения листовых металлов,
- сформулированное и апробированное предложение можно рассматривать как одно из возможных конструктивных решений по исполнению реального рабочего инструмента,
- практический вариант индукционной индукторной системы должен предусматривать прочностные показатели, необходимые для надёжной эксплуатации в течение заданного рабочего срока.

- [5] Батыгин Ю. В., Бондаренко А. Ю., Чаплыгин Е. А. Электродинамические процессы в цилиндрической индукционной индукторной системе для магнитно-импульсного притяжения листовых заготовок // *Авіаційно-космічна техніка і технологія* 2007, № 11(47) с.109-117.
- [6] Патент України 31751, В21Д26/14. Спосіб магнітно-імпульсної обробки металевих заготовок методом притягання до індуктора / Батигін Ю. В., Бондаренко О.Ю., Чаплигін С. О.; опубл. 25.04.2008. Бюл. №8, 2008р.
- [7] Патент України 31752, В21Д26/14. / Спосіб магнітно-імпульсної обробки металевих заготовок / Батигін Ю.В., Бондаренко О. Ю.,Серіков Г. С.; опубл. 25.04.2008. Бюл. №8, 2008р.

Поступила 13.03.2008

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Батыгин Ю. В., Сериков Г. С., Чаплыгин Е. А. Реализация и перспективы магнитно-импульсных методов в развитии передовых технологий современности. // *Автомобильный транспорт. Сб. науч. трудов, Вып. 18, 2006, С.83-87.*
- [2] Батыгин Ю. В., Бажинов А.В., Чаплыгин Е.А. Использование энергии импульсных полей в автомобильной промышленности. // *Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ. 2005, - Вып.16. С.349-352.*
- [3] Шнеерсон Г.А. Поля и переходные процессы в аппаратуре сверх сильных токов // *Л.: - Энергоиздат, 1981. - 200с.*
- [4] Батыгин Ю. В., Лавинский В. И., Хименко Л. Т., Физические основы возможных направлений развития магнитно-импульсной обработки тонкостенных металлов. // *Електротехніка і електромеханіка. Харків. 2004, №2, с.80-84.*