

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА. СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЙ ОСМОТР АВТОМОБИЛЕЙ

УДК 624.318

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ВНЕШНЕЙ РИХТОВКИ СТАЛЬНЫХ КУЗОВОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

С.А. Щиголева, ассистент, Е.Ф. Ерёмкина, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Проведены аналитические и экспериментальные исследования инструмента рихтовки, совмещающего в своей конструкции согласующее устройство с демпфером и массивный одновитковый соленоид с внутренним отверстием конического профиля. Такая конструкция позволяет максимально снизить потери энергии и сконцентрировать возбуждаемые усилия рихтовки в центральной части рабочей зоны.

Ключевые слова: усилие рихтовки, конический профиль, согласующее устройство, демпферная конструкция, стальной кузов.

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ЗОВНІШНЬОГО РИХТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КУЗОВІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

С.О. Щиголева, ассистент, О.Ф. Єрьоміна, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Проведені аналітичні та експериментальні дослідження інструмента рихтування, що суміщає в своїй конструкції узгоджувальний пристрій з демпфером та масивний одновитковий соленоїд з внутрішнім отвором конічного профілю. Така конструкція дозволяє максимально знизити втрати енергії та сконцентрувати збуджувальні зусилля рихтування в центральній частині робочої зони.

Ключові слова: зусилля рихтування, конічний профіль, узгоджувальний пристрій, демпферна конструкція, сталевий кузов.

EXTERNAL DENT METHODS IMPROVEMENT OF CAR STEEL BODIES

S. Shchigoleva, assistant, H. Yeriomina, assistant professor, cand. eng. sc., KhNAHU

Abstract. The analytical and experimental alignment tool research, which combines in its design the matching device with damper and the massive single-turn coil with a conical internal bore profile, were carried out. Such design allows energy loss minimizing and concentrates excited straightening force in the central part of the working zone.

Key words: straightening force, conical profile, matching device, damper design, steel body.

Введение

Существует множество методов рихтовки автомобильных кузовов. Среди них активно применяются сегодня как механические (холодная, горячая рихтовка, метод устранения

вмятин с использованием временных зацепов), так и вакуумные (технология Paintless Dent Repair). Однако все эти неспособные методы имеют ряд существенных недостатков. Основные среди них - это повреждение лакокрасочного покрытия, необходимость

разбора деталей для доступа к обратной стороне обрабатываемой части корпуса и другие. Технология Paintless Dent Repair используется только при наличии больших пологих вмятин диаметром более 15-20см, тогда как неглубокие повреждения при парковке или от погодных условий (например, град) составляют большой процент повреждений кузова. Таким образом, есть необходимость в устранении этих существенных недостатков, что возможно при помощи магнитно-импульсных технологий. Представляют интерес инструменты с коническим отверстием, которые позволяют сдвинуть максимум усилия к центру вмятины [1]. Применение демферной конструкции существенно повышает эффективность ремонта.

Анализ публикаций

Впервые идея магнитно-импульсного притяжения металла к индуктору была экспериментально доказана учёными НТУ ХПИ в 2004 году [2]. Как показали расчеты инструментов с отверстием конического профиля [3], усилия рихтовки, развиваемые в такой системе, значительны по амплитуде и их максимум концентрируется ближе к центру рабочей зоны, что обеспечивает более эффективное устранение вмятин со стальных элементов автомобильных кузовов. Первые эксперименты с такими инструментами показали эффективность такой формы рабочей зоны [1].

Цель и постановка задачи

Цель настоящей работы – совершенствование современных способов внешней рихтовки стальных кузовов легковых автомобилей. Для этого необходимо:

- провести теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных процессов в цилиндрических инструментах рихтовки;
- провести модельные эксперименты по проверке теоретических положений;
- провести экспериментальную апробацию предложенной конструкции инструмента.

Теоретические исследования

На рис. 1 представлена расчётная модель соленоида как рабочей части инструмента рихтовки.

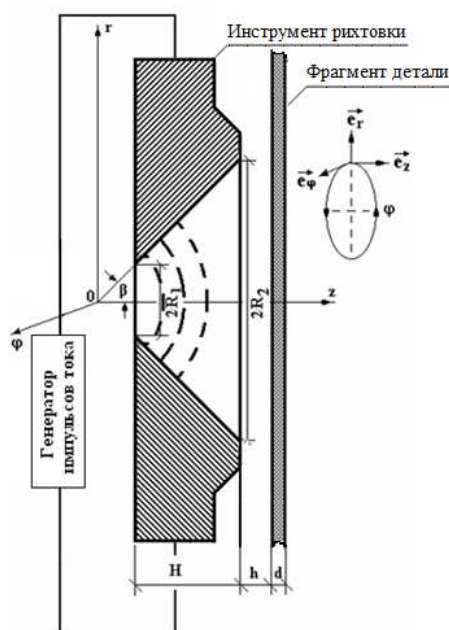


Рис. 1. Расчётная модель соленоида с внутренним отверстием конического профиля – рабочей части инструмента рихтовки ($\vec{e}_r, \vec{e}_\phi, \vec{e}_z$ – направляющие орты цилиндрической системы координат)

Для расчётных радиальных зависимостей были использованы выведенные ранее аналитические соотношения, представленные в [3]:

$$H_r(\phi, r, z) = \frac{-L_i I(\phi)}{2\pi d^2 (1 - \cos \beta)} \cdot \frac{x \left(\mu_r \cdot \operatorname{ch} x \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) - \operatorname{sh} x \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) \right)}{\int_0^\infty \left(\mu_r^2 \operatorname{ch} \left(x \frac{h}{d} \right) + \operatorname{sh} \left(x \frac{h}{d} \right) \right) \operatorname{sh} x + \mu_r e^{x \frac{h}{d}} \operatorname{ch} x}, \quad (1)$$

$$\int_0^{R_2} \frac{r (R_2 \operatorname{ctg} \beta + h) J_0 \left(x \frac{r}{d} \right) dr}{\left(r^2 + (R_2 \operatorname{ctg} \beta + h)^2 \right)^{3/2}} J_1 \left(x \frac{r}{d} \right) dx$$

$$H_z(\phi, r, z) = \frac{L_i I(\phi)}{2\pi d^2 (1 - \cos \beta)} \cdot \frac{x \left(\operatorname{ch} x \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) - \mu_r \cdot \operatorname{sh} x \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) \right)}{\int_0^\infty \left(\mu_r^2 \operatorname{ch} \left(x \frac{h}{d} \right) + \operatorname{sh} \left(x \frac{h}{d} \right) \right) \operatorname{sh} x + \mu_r e^{x \frac{h}{d}} \operatorname{ch} x}, \quad (2)$$

$$\int_0^{R_2} \frac{r (R_2 \operatorname{ctg} \beta + h) J_0 \left(x \frac{r}{d} \right) dr}{\left(r^2 + (R_2 \operatorname{ctg} \beta + h)^2 \right)^{3/2}} J_0 \left(x \frac{r}{d} \right) dx$$

где $H_r(\phi, r, z)$ и $H_z(\phi, r, z)$ – компоненты напряжённости магнитного поля в металле кузова; γ – удельная электропроводность металла обрабатываемой детали кузова; L_i – индуктивность витка инструмента; ω – циклическая частота процесса; d – толщина детали; β – угол наклона образующей конуса; $\frac{\partial I(\phi)}{\partial \phi}$ – производная силы тока инструмента по фазе ϕ ; ζ – переменная по оси z , связанная с обрабатываемой деталью кузова; h – расстояние между витком инструмента и деталью; R_2 – большой радиус конического отверстия; μ_r – относительная магнитная проницаемость металла детали и x – дополнительно введенная переменная для упрощения расчёта, равная $\lambda \cdot d$.

Теоретические исследования подтверждены модельными [3] и силовыми экспериментами. Результаты экспериментов, представлены на рис. 2, 3.

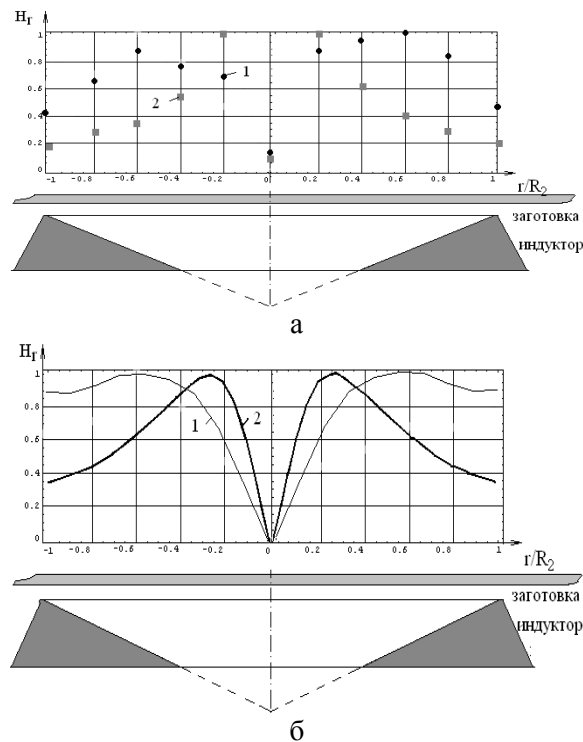


Рис. 2. Результаты измерений (а) и расчёта (б) радиального распределения тангенциальной компоненты напряжённости магнитного поля в относительных единицах (нормировка на собственный максимум): 1 – угол конуса отверстия индуктора 60° , 2 – угол конуса отверстия индуктора 75°

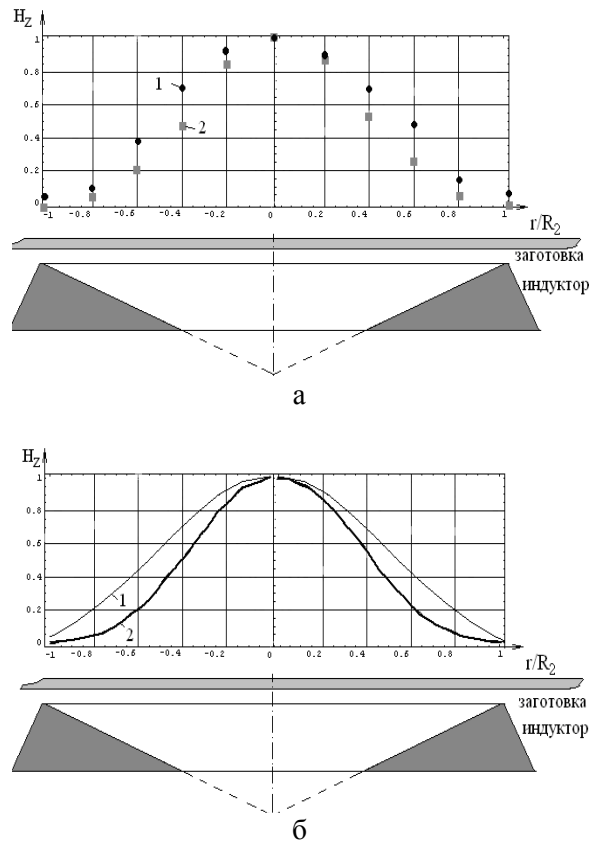


Рис. 3. Результаты измерения (а) и расчёта (б) радиального распределения нормальной компоненты напряжённости магнитного поля в относительных единицах (нормировка на собственный максимум): 1 и 2 – аналогично

Как видно из сравнения рисунков, характер экспериментального распределения компонент напряжённости магнитного поля с небольшой погрешностью совпадает с теоретическими исследованиями для предложенного инструмента рихтовки.

Силовая апробация, выполненная на базе лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ, описана в [4]. Экспериментальная силовая установка МИУС-2 представлена на рис. 4. На рис. 5, представлен цилиндрический инструмент рихтовки, совмещающий в своей конструкции согласующее устройство с демпфером и соленоид с внутренним отверстием конического профиля.



Рис. 4. МИУС-2

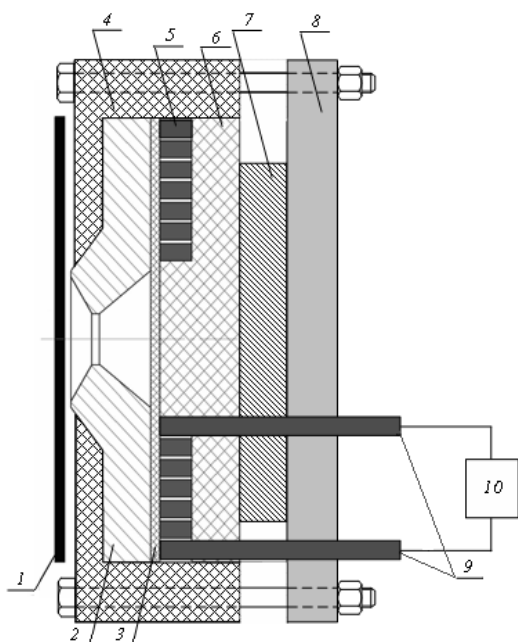


Рис. 5. Инструмент рихтовки.

- 1 – фрагмент детали кузова автомобиля
- 2 – индуктор-инструмент с внутренним отверстием конического профиля
- 3 – диэлектрическая прокладка
- 4 – диэлектрическая крышка
- 5 – витки плоской спирали первичной обмотки импульсного трансформатора
- 6 – диэлектрическая основа
- 7 – демпферная конструкция
- 8 – диэлектрическая прокладка
- 9 – электрические выводы первичной обмотки согласующего устройства
- 10 – магнитно-импульсная установка

Выводы

1. Проведённые расчёты и измерения подтвердили доминирование метода магнитно-импульсной рихтовки над известными на сегодняшний день механическими аналогами.
2. Анализ аналитических и экспериментальных данных доказывает достоверность полученных соотношений.

Литература

1. Батыгин Ю. В. Магнитное поле одновиткового индуктора с внутренним отверстием конического профиля / Ю. В. Батыгин, Д. А. Воробьёв // Электротехника і електромеханіка. – 2008. – №4. – С.63–64.
2. Yu. V. Batygin Direction Change of the Force Action upon Conductor under Frequency Variation of the Acting magnetic Field / Yu. V. Batygin, V. I. Lavinsky, L. T. Khimenko Proceedings of the 1-st International Conference on High Speed Metal Forming. March 31/April 1, 2004. Dortmund, Germany. P.157-160.
3. Щиголева С. А. Сравнительный анализ экспериментальных и теоретических результатов исследований для возбуждаемых полей и токов в индукторной системе с коническим отверстием / Щиголева С.А. // «Вестник ХНАДУ» 2012. - №56. – с. 61-65.
4. Щиголева С. А. Притяжение тонкостенных металлических листов магнитным полем одновиткового индуктора / Батыгин Ю. В., Гнатов А. В., Щиголева С. А. // Электротехника. - 2011. - № 4. - с. 55-62.

Рецензент: М.Е. Тараненко, профессор, д.т.н., НАУ «ХАИ».

Статья поступила в редакцию 7 октября 2013 г.