

Лекция № 14

ТЕМА № 8: Магнитно-импульсные комплексы в практике внешней рихтовки автомобильных кузовов

План

1. Инструменты для внешней рихтовки вмятин
2. Индукторные системы - разработки ХНАДУ.
3. Согласующие устройства, функциональное назначение.

1. Инструменты для внешней рихтовки вмятин

Первая группа инструментов объединена общим авторским названием – «индукционные индукторные системы» (рис. 14.1). Как было ранее указано, они работают с немагнитными металлами. Напомним, *их принцип действия основан на законе Ампера* о притяжении одинаково направленных токов. Для практической реализации данного принципа авторами предложено ввести вспомогательный экран, плоскость которого параллельна поверхности обрабатываемого металлического листа. **Индуктор – источник поля** располагается между экраном и заготовкой. В них возбуждаются вихревые токи, силовое взаимодействие которых и приводит к появлению сил притяжения. Если вспомогательный экран и индуктор зафиксированы, а обрабатываемый объект имеет степени свободы, то последний будет двигаться по направлению к ним.

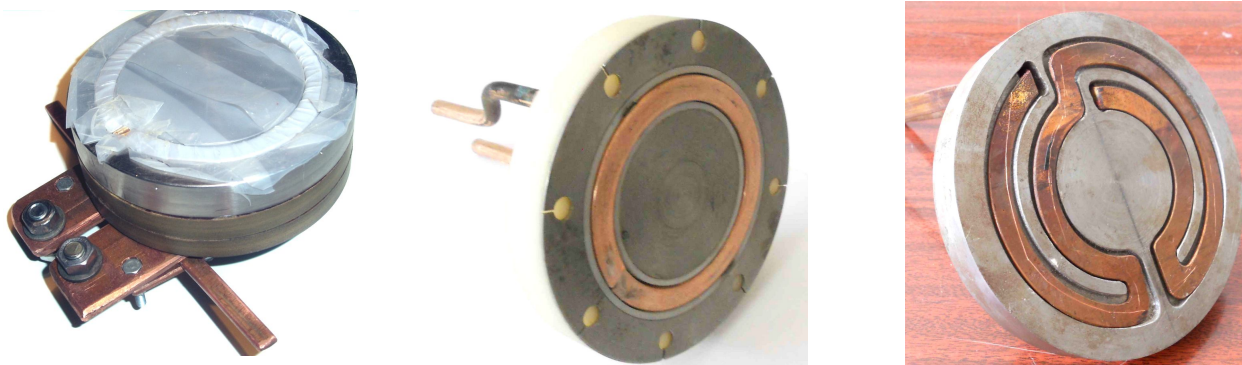


Рис. 14.1. Индукционные индукторные системы

Вторая группа инструментов – это индукторные системы для работы с ферромагнетиками (рис. 14.2). *Их принцип действия основан на эффекте магнитно-импульсного притяжения магнитных металлов при понижении рабочей частоты действующего поля*. Как было ранее указано, данный эффект был экспериментально обнаружен профессорами Батыгиным Ю.В., Лавинским В.И. и Хименко Л.Т. в 2004г.

Данная система работает как электромагнит, где индуктор – это обмотка, а обрабатываемый объект – это притягиваемый ферромагнетик. В отличие от традиционных представлений об электромагнитах, здесь относительная магнитная проницаемость ферромагнетика далека от своего максимума (её значения не превышают 2÷5). Проявление магнитных свойств происходит при низких рабочих частотах действующего поля, когда амплитуда его напряжённости падает до величин, где ещё нет полного насыщения. Но этих величин вполне достаточно для появления ощутимого силового эффекта притяжения при резком ослаблении пондермоторных сил отталкивания (известные сил Лоренца).

Безусловно, принципы действия выделенных групп инструментов можно объединить в одной конструкции индукторной системы. Помимо универсальности такой инструмент должен обладать большей эффективностью при обработке ферромагнетиков, поскольку силы притяжения по закону Ампера здесь будут дополнены магнитными силами.



Рис. 14.2. Индукторные системы для работы с ферромагнетиками

2. Индукторные системы - разработки ХНАДУ

Начиная с 2007г., в лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ ведутся разработки инструментов для внешней магнитно-импульсной рихтовки автомобильных кузовов.

Не вдаваясь в подробности, приведём несколько вариантов индукторных систем, каждая из которых обладает своими достоинствами и, соответственно, недостатками.

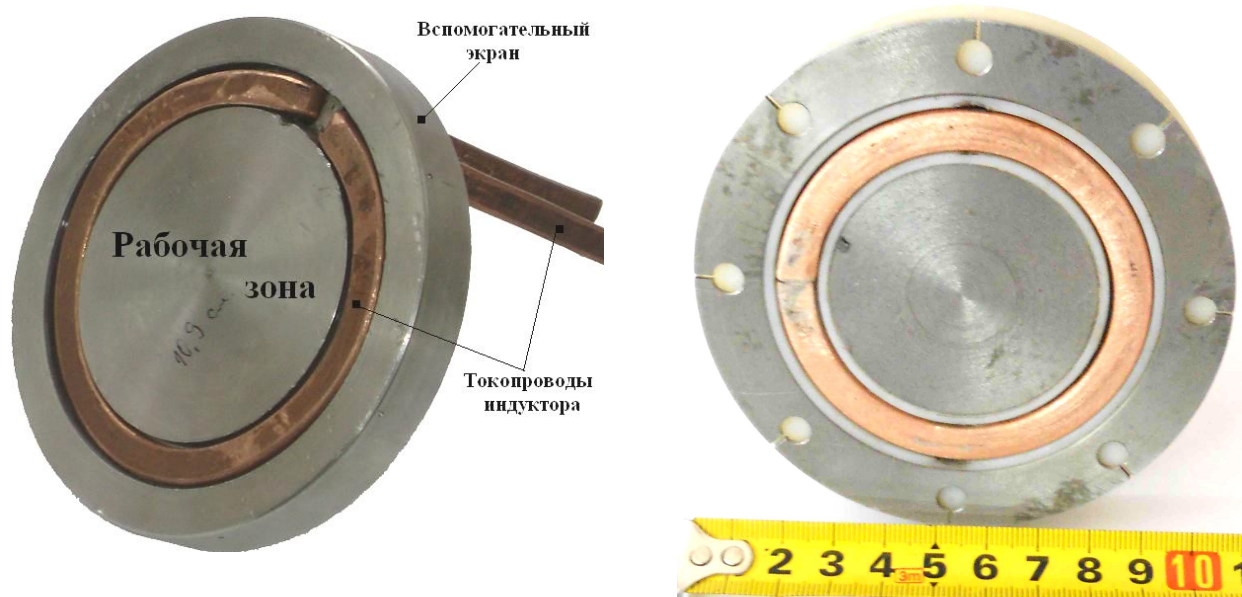


Рис. 14.3. Цилиндрическая индукторная система с вспомогательным экраном

На рис. 14.3 – 14.5 представлены индукционные индукторные системы со вспомогательными экранами.



Рис. 14.4. Цилиндрическая ИИС с двумя витками

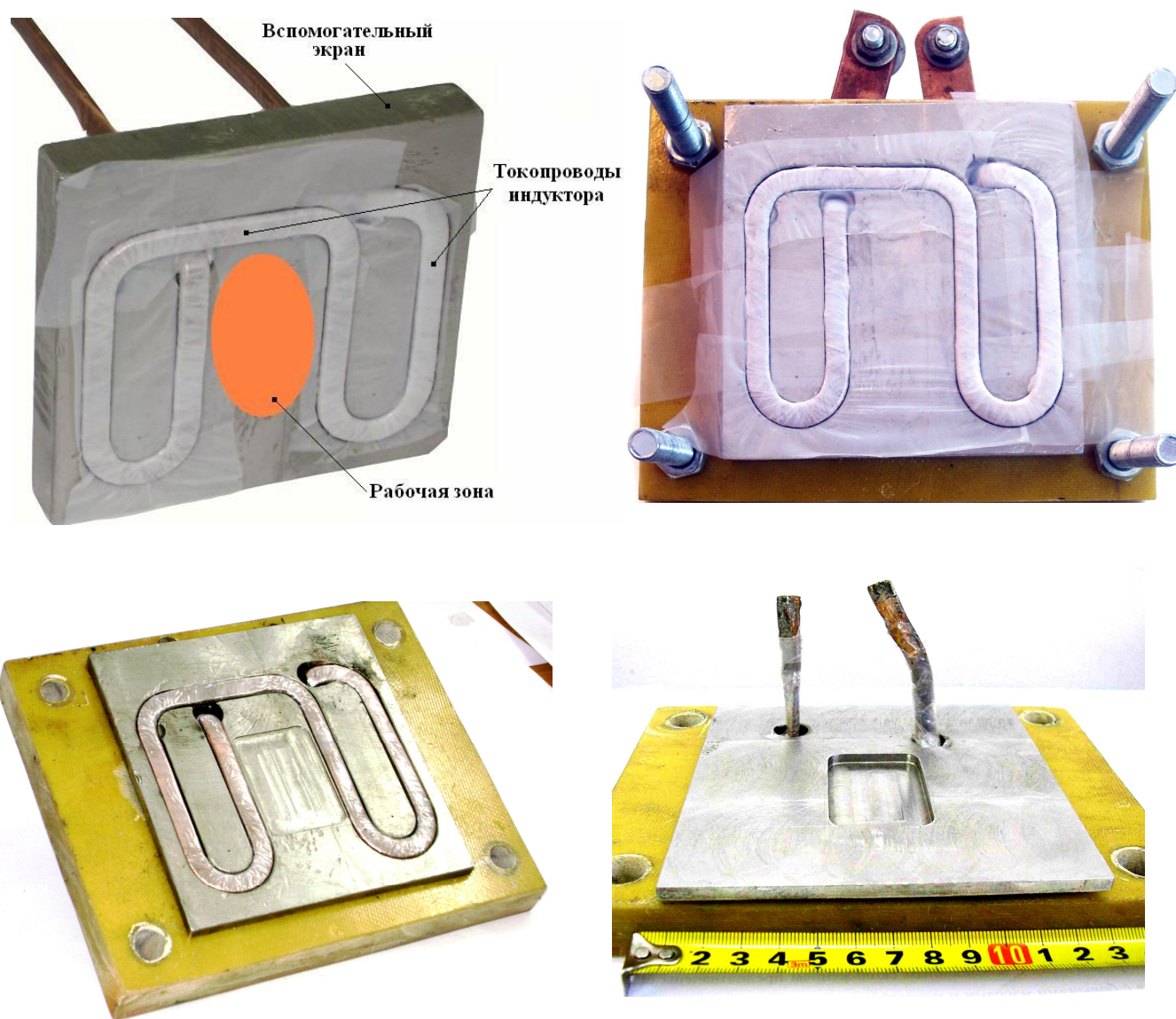


Рис. 14.5. ИИС с двойным прямоугольным витком и вспомогательным экраном

Цилиндрическая геометрия рабочей зоны (рис. 14.3) позволяет наилучшим образом использовать естественное стремление природных явлений к круговой симметрии. Речь идёт о вихревых токах, о путях их протекания и, соответственно, о возбуждении электродинамических сил притяжения. **Недостаток данной геометрии** – это «провал» в распределении индуцированных токов и, соответственно, сил притяжения в центральной части рабочей зоны. То есть, процесс вытягивания металла в круглой вмятине должен начинаться с внутреннего периметра витка индуктора. Но именно здесь требуется приложить усилия, существенно превышающие их величины, если бы речь шла о центральных областях. Практически, это означает ограниченную эффективность силового воздействия цилиндрических индукционных индукторных систем для рихтовки вмятин в кузовах автомобилей.

Избавиться от этого недостатка позволяет конструкция **цилиндрической ИИС с двумя витками, рис. 14.4**. Здесь, рабочую зону образуют витки с согласным протеканием токов по ним. Но, следует иметь в виду, такая конструкция ИИС обладает большей индуктивностью, что может привести к существенному снижению эффективности силового воздействия.

Прямоугольный двойной виток индуктора (рис. 14.5) устраняет недостаток присущий в случае его цилиндрической конструкции. Одинаково направленные токи в токопроводах рабочей зоны формируют более однородное поперечное распределение индуцированных токов в металле вспомогательного экрана и обрабатываемого листа. Силы притяжения в центре между токопроводами отличны от нуля. Как показали предыдущие оценки и измерения, амплитуды возбуждаемых сил не падают ниже $\sim 50\%$ от своих максимумов. **Недостаток прямоугольных индукционных индукторных систем** – вытянутая в одном направлении форма рабочей зоны, то есть, отход от круговой симметрии со всеми вытекающими последствиями.

Среди достоинств индукционных индукторных систем следует отметить их, так называемую, универсальность. Они позволяют деформировать как не магнитные, так и магнитные металлы. Более того, в случае рихтовки ферромагнетиков притяжение по закону Ампера будет усилено притяжением за счёт магнитных свойств обрабатываемого объекта.



Рис. 14.6. Одновитковый индуктор с внутренним отверстием конической формы

Одновитковая индукторная система с внутренним отверстием конической формы (рис. 14.6). Здесь присутствует круговая симметрия. Это, безусловно, плюс. Кро-

ме того, коническая форма профиля внутреннего отверстия создаёт условия для концентрации магнитного поля в центре рабочего контура. Однако, это означает усиление действенности на обрабатываемый объект именно в центральной части рабочей зоны. Облегчаются условия для деформирования и соответствующего восстановления вмятины на поверхности листового металла.

Но данная индукторная система позволяет *работать только с ферромагнетиками*. Вспомогательный экран здесь отсутствует. А, следовательно, и отсутствуют силы притяжения по закону Ампера.

3. Согласующие устройства, функциональное назначение.

Все конструкции вышеприведенных индукторных систем в качестве источника поля соленоиды, индуктивность которых весьма мала по сравнению с индуктивностью всего разрядного контура. Это означает, что энергия тока в разряде, возбуждающего силы притяжения, не концентрируется в рабочей зоне инструмента.

Данный негатив можно нивелировать, если соленоиды – непосредственные источники импульсных магнитных полей, воздействующих на обрабатываемые объекты, подключать через, так называемые, **согласующие устройства**. Последние представляют собой воздушные импульсные трансформаторы тока. Их индуктивность достаточно высока. Передача энергии из первичной многовитковой обмотки во вторичную одновитковую весьма эффективна.

СУ в практике МИОМ по конструктивному выполнению можно разделить на два типа – дисковые и цилиндрические.

Вторичный контур дисковых СУ представляет собой массивный одновитковый соленоид, выполненный как проводящий диск со сквозным радиальным разрезом от центра до периферии. **Первичная обмотка** – это плоская многовитковая катушка, размещаемая на плоскости диска, рис. 14.7.

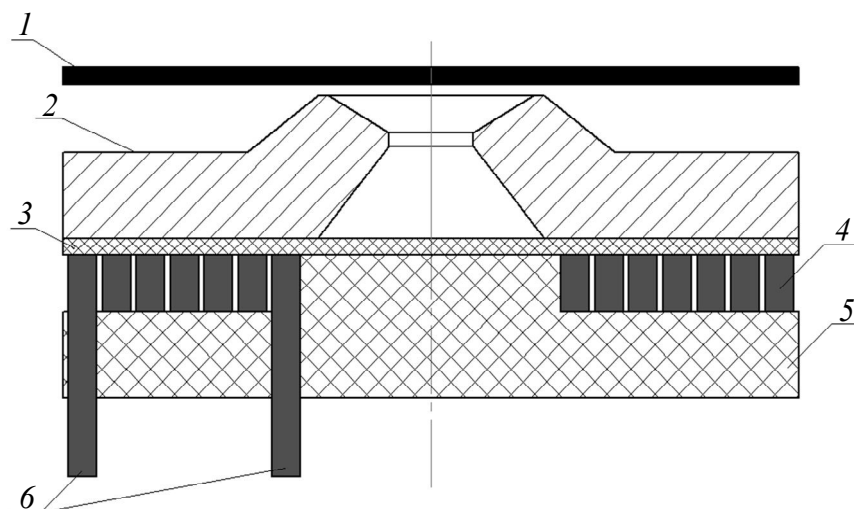


Рис. 14.7. Конструктивная схема совмещенного СУ дискового типа: 1 – тонкостенный ферромагнитный лист металла, 2 – вторичная обмотка – индуктор-инструмент с внутренним отверстием в форме усеченного конуса 3 – диэлектрическая прокладка, 4 – витки плоской спирали первичной обмотки СУ, 5 – диэлектрическая основа, 6 – электрические выводы первичной обмотки СУ

Вторичный контур цилиндрических СУ представлен массивным витком в виде

продолговатого полого цилиндра с продольным сквозным разрезом по всей длине об-
разующей. **Первичная обмотка** – многовитковая катушка, которая размещается на бо-
ковой поверхности цилиндра, рис. 14.8.

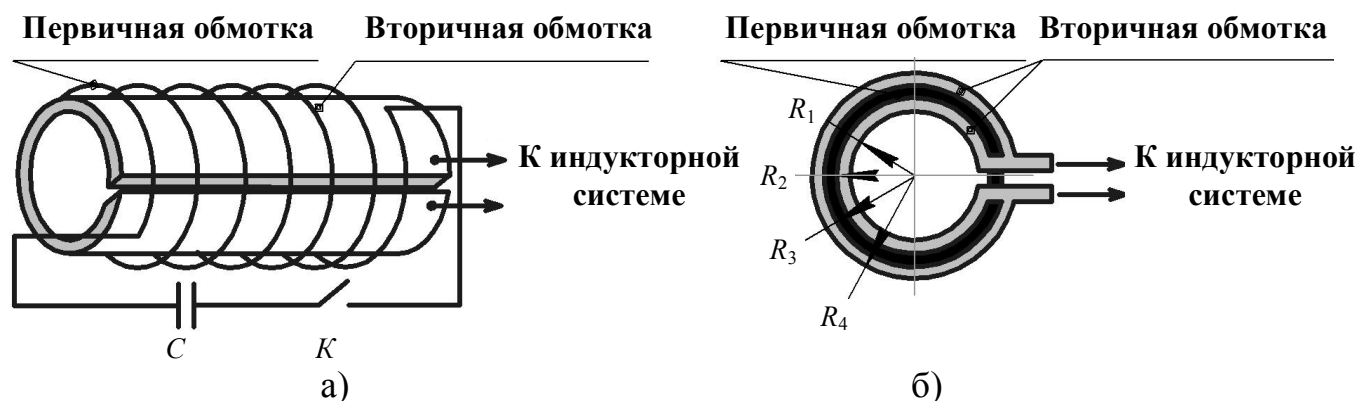


Рис. 14.8. Цилиндрическое согласующее устройство: а) вторичный виток – полый цилиндр с продольным разрезом внутри первичной многовитковой обмотки; б) вторичный виток – два коаксиальных полых цилиндра, между которыми размещается первичная многовитковая обмотка (поперечное сечение).

На рис. 14.9 показана одна из разработок конструкции согласующего устройства. Это цилиндрическая система. *Здесь первичная обмотка – многовитковая катушка с намоткой во внутренней полости вторичного витка.* Последний представляет собой два полых коаксиальных цилиндра с продольным разрезом по всей длине. Цилиндры (внешний и внутренний) электрически соединены по краям. Между ними, как уже было указано, расположена первичная обмотка.

К электрическому выходу собственно индуктор может подсоединяться в двух вариантах.

Первый (рис. 14.10,а) предполагает «ограниченный» контакт тела вторичного витка согласующего устройства и собственно индуктора. «Ограниченность» в данном случае понимается как контакт в двух точках места подсоединения. Индуктор вынесен за пределы согласующего устройства.

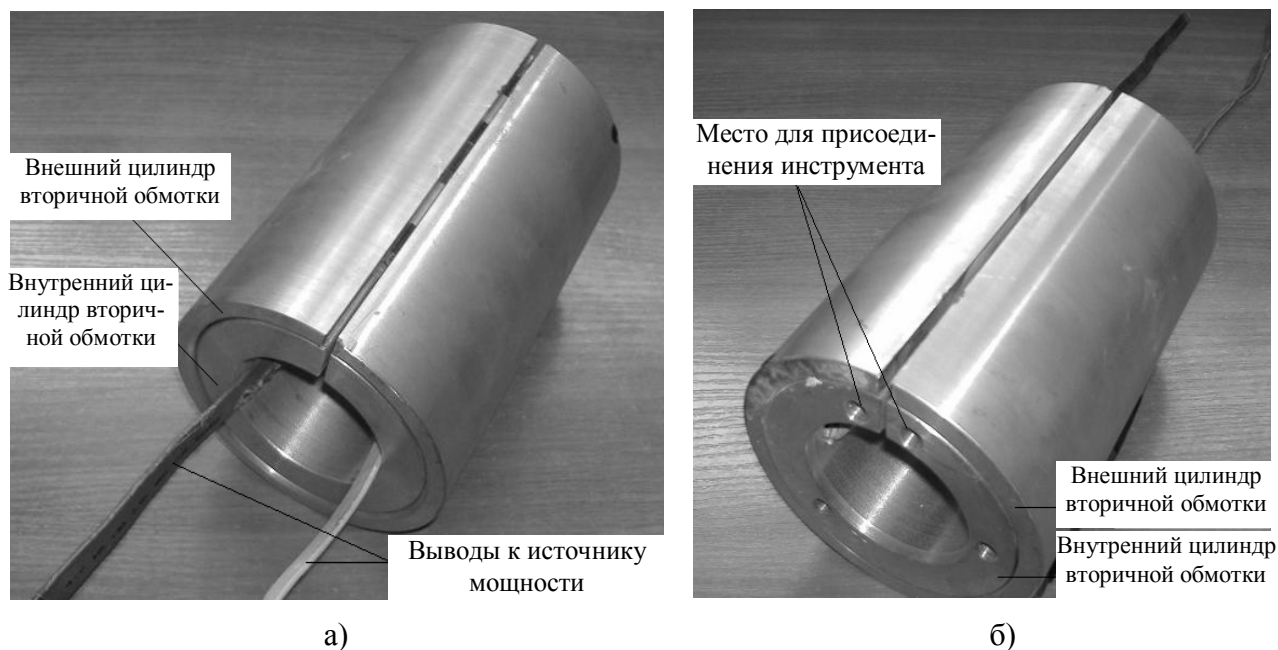


Рис. 14.9. Цилиндрическое согласующее устройство для инструмента магнитно-импульсной рихтовки автомобильных кузовов: а) вид согласующего устройства со стороны присоединения к источнику мощности, б) вид согласующего устройства со стороны присоединения к инструменту

Во втором варианте подсоединения индуктора (рис. 14.10,б) последний и тело вторичного витка соединяются по их круговому периметру. Электрический контакт, безусловно, улучшается. Индукторная система в целом становится более компактной, но собственно индуктор будет находиться в поле согласующего устройства. Этот факт может искажать пространственно-временное распределение возбуждаемых электродинамических сил притяжения.

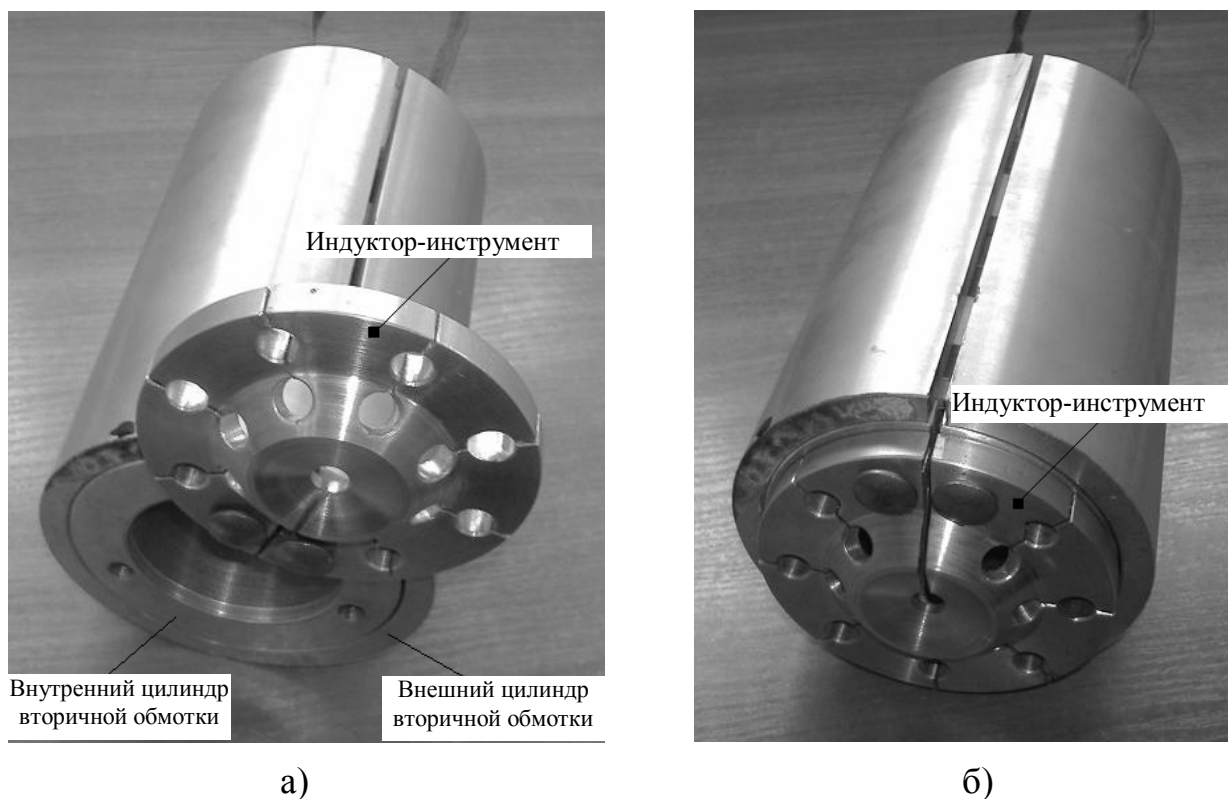


Рис. 14.10. Согласующее устройство с индуктором-инструментом: а) внешнее подсоединение инструмента; б) подсоединение инструмента по всей торцевой поверхности вторичной обмотки



Рис. 14.11. Согласующее устройство цилиндрического типа:
а) с одним вторичным разомкнутым витком, и подсоединенным к нему индуктором-инструментом; б) совмещенное

Также, было разработано цилиндрическое СУ с одним вторичным разомкнутым витком. Его практическая реализация представлена на рис. 4.11.

Из физических соображений, очевидно, что индуктивность СУ с одним вторичным витком будет больше индуктивности аналогичного СУ но с двумя вторичными витками. Этот факт необходимо учи-

тивать при разработке и проектировании индукторных систем для магнитно-импульсного воздействия на тонкостенные металлы, рассчитанных на работу с данным типом СУ.

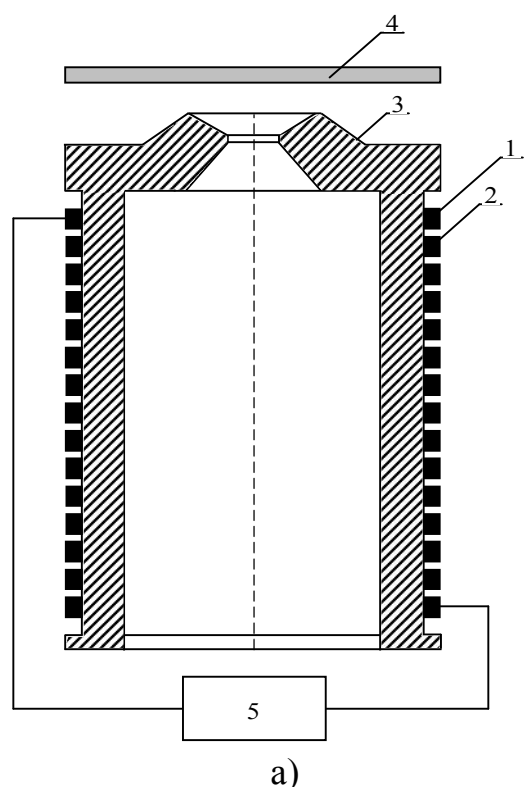
Инструмент магнитно-импульсной технологии ремонта на основе совмещенного согласующего устройства цилиндрического типа

Основной конструктивной отличительной особенностью совмещенного СУ цилиндрического типа от рассмотренных является то, что его вторичная обмотка (вторичный виток) выполнены в одном корпусе с индуктором-инструментом.

Одна из конструкций рассматриваемого СУ представлен на рис. 14.12. Индуктор-инструмент в данной конструкции находится в торцевой части вторичного разомкнутого витка и выполнен в виде индуктора с внутренним отверстием в форме усеченного конуса. Такое конструктивное исполнение в данном СУ имеет значительное преимущество по сравнению с обыкновенными (не совмещенными) СУ.

Преимущество заключается в том, что отсутствует контактное соединение между вторичной обмоткой согласующего и индуктором-инструментом.

Но помимо достоинства данного СУ, следует отметить и его **недостаток**. При выходе из строя индуктора-инструмента его невозможно заменить, что говорит о не ремонтнопригодности данных СУ.



- 1 - первичная обмотка,
- 2 - разомкнутый виток вторичной обмотки,
- 3 - индуктор - инструмент,
- 4 - тонкостенный металлический заготовка,
- 5 - магнитно-импульсная установка



Рис. 14.12. Совмещенное цилиндрическое согласующее устройство:
а) чертеж; б) физическая реализация

На рис. 14.13 представлены разработанные в лаборатории электромагнитных технологий ХНА-ДУ согласующие устройства.

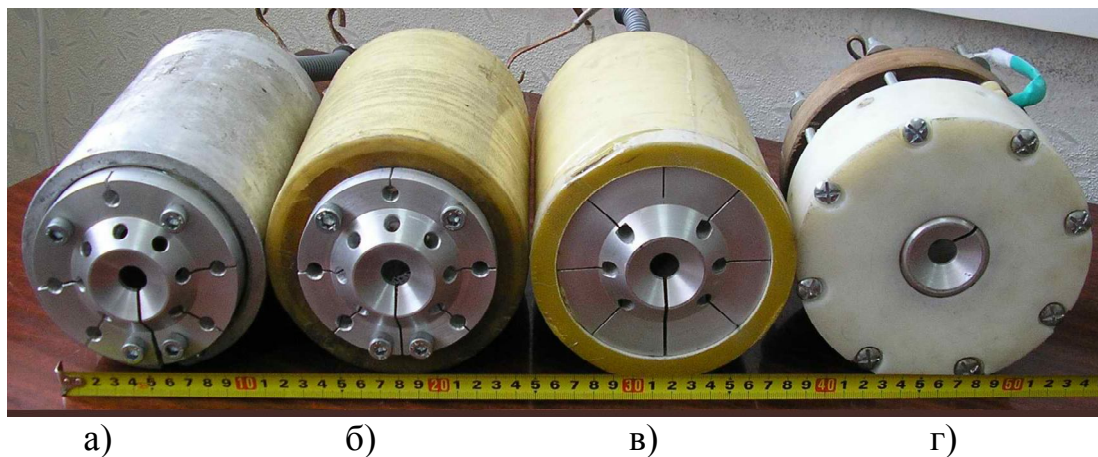


Рис. 14.13. Внешний вид разработанных согласующих устройств: а) цилиндрическое с двумя вторичными разомкнутыми витками;
б) цилиндрическое с одним вторичным разомкнутым витком;
в) совмещенное цилиндрическое; г) совмещенное дисковое