Магнитно-импульсные технологии

[Ю. Батыгин, В. Лавинский]
#13-14 от 17.05.2005

Сегодня на кафедре «Сопротивление материалов», одной из старейших кафедр университета, по-прежнему решаются многие научно-технические проблемы. Однако в последнее время здесь особое внимание сконцентрировано на научных исследованиях в области прогрессивных наукоемких технологий. Это объясняется интересом ученых кафедры к проблемам современного производства, где актуальны проблемы экологии, ресурсосбережения и энергетики. Где взять энергию, материальные ресурсы, как сохранить окружающую среду? Ответы на эти вопросы важны для будущих поколений нашей страны и Человечества.

Изучение проблем, связанных с использованием энергии импульсных электромагнитных полей, показало, что на этом пути открываются исключительные перспективы для создания прогрессивных технологий обработки материалов. Основными и несомненными достоинствами таких технологий являются экологическая чистота, низкое энергопотребление, экономный расход сырьевых ресурсов, наконец, высокая производительность.

Качественно новое направление в магнитно-импульсной технологии по эффективной обработке тонкостенных металлических заготовок при интенсивном бесконтактном воздействии сформировалось в работах учёных Национального технического университета "Харьковский политехнический институт" в начале девяностых годов прошлого века. Физическая сущность такого подхода таится в тонкостях распределения магнитных полей в пространстве и во времени, что находит свое выражение в распределении напряжённости в металле обрабатываемой заготовки. В исследованиях, проведенных профессорами Ю.В. Батыгиным и В.И. Лавинским, удалось обнаружить новые закономерности в формировании магнитных полей, и на этой основе предложить ряд новых технологий магнитно-импульсной обработки тонколистовых заготовок.

Примером впервые предложенной ими прогрессивной магнитно-импульсной технологии стала технология изготовления печатных плат для компоновки схем электротехнических приборов.

Авторами использовано известное в физике явление: поле пакета плоских электромагнитных волн практически не проникает в свободное полупространство сквозь тонкостенные проводящие экраны. Это было принято во внимание при создании индукторной системы, для чего использована многослойная индукторная система, включающая комбинирование диэлектрических матриц. Этот результат показал, что практическое применение созданных индукторных систем не ограничивается лишь штамповкой элементов печатных плат из медной фольги толщиной 50мкм. Важным оказался разработанный принцип, состоящий в том, что эффективное силовое воздействие возможно на тонкостенные заготовки из металлов с различными электрофизическими и

механическими характеристиками.
Новым примером использования энергии импульсных магнитных полей для обработки тонкостенных металлов является практическая реализация эффекта притяжения листовой заготовки под действием возбуждаемых сил электродинамического воздействия. Этот физический феномен был обнаружен впервые в опытах, проводимых в НТУ «ХПИ» по деформированию стальных образцов импульсными магнитными полями с пониженными значениями рабочих частот. Традиционная магнитно-импульсная обработка металлов основана на использовании режима скин-эффекта при высокочастотном поле, низкие частоты ведут к интенсивной диффузии действующих полей.
В феврале 2004 года комиссия, состоявшая из авторитетных ученых, зафиксировала обнаруженный эффект, проявившийся в изменении направления силового воздействия на тонкостенный проводник при вариации рабочей частоты магнитного поля. Результаты экспериментов показали, что при варьировании частотой магнитного поля обнаруживается как традиционный эффект отталкивания, так и притяжение заготовки к рабочей поверхности одновиткового индуктора. Эксперименты по силовому воздействию импульсных магнитных полей на тонкостенные металлические объекты обнаружили, что при уменьшении рабочей частоты с некоторого ее значения реализуется эффект притяжения. При этом установлено, что значение частоты эффекта притяжения зависит от электрофизических и геометрических характеристик объектов воздействия. Анализ опытных данных позволил выдвинуть физическую гипотезу природы обнаруженного эффекта притяжения. О правдоподобности гипотезы свидетельствует хорошо известный закон Ампера. Как известно, проводники с противоположно направленным током отталкиваются, а проводники с одинаковым направлением тока – притягиваются. Обнаруженный эффект притяжения объясняется изменением направления индуцированного в обрабатываемом металле тока. Такое объяснение нового эффекта пока остается одним из возможных. Для окончательных выводов необходимы дальнейшие, более строгие, теоретические и целенаправленные экспериментальные проработки.
Известны технические решения по осуществлению операции внешней рихтовки самолётных корпусов. Наиболее практичными из них оказались предложения инженеров из концерна "Боинг" и фирмы "Электроимпакт" (США). В ряде работ, ранее опубликованных учёными бывшего СССР, обсуждался вопрос о возможности достижения эффекта притяжения с помощью одного индуктора, в обмотке которого протекают два токовых импульса разной частоты. С физической точки зрения объяснение сути этих предложений одинаково. Предложения основаны на суперпозиции низкочастотных и высокочастотных магнитных полей, возбуждаемых в индукторной системе. Технический уровень и сложности при практическом воплощении этих идей в жизнь весьма высоки. Предложения инженеров из США требуют двух источников полей разной мощности, систем высоковольтной электроники, достаточно сложных схем управления и других технически сложных систем.
Практическое приложение обнаруженного эффекта реализовано в НТУ «ХПИ» в технологических операциях без механических контактов и без повреждения внешнего лакокрасочного покрытия для удаления вмятин в металлических обшивках автомобильных

кузовов и самолётов. При проведении экспериментов по удалению вмятин каждый из образцов помещался на плоской поверхности индуктора с изолирующей прокладкой между ними, причем так, чтобы имеющаяся вмятина полностью закрывала внутреннее окно витка. После силового воздействия вмятина практически удалялась. Повторное воздействие приводило к появлению вмятины с кривизной, противоположной исходной. В опытах установлено, что технологические операции обладают устойчивостью и стабильностью результатов при повторении, что свидетельствует о надёжности предлагаемого метода для практического применения.

В заключение хотелось бы отметить, что обнаруженный эффект магнитно-импульсного притяжения металлических заготовок позволит существенно расширить возможности полевых методов воздействия на обрабатываемые объекты. Комбинированием традиционного и нетрадиционного возбуждений поля для создания эффектов магнитного давления и притяжения на заданных участках объекта можно предложить новые решения в создании гибких прогрессивных технологий, относящихся к технологиям будущего.

Ю. Батыгин, доктор технических наук, профессор,
В. Лавинский, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сопротивления материалов