

**Новое в применении электромагнитной штамповки**

Студенты гр.10402319: Сун Цзячжи, Цзян Хао  
Научные руководители – Шкурдюк П.А., Кулинич И.Л.  
Белорусский национальный технический университет

С развитием современных технологий и прогрессом обрабатывающей промышленности многие среды выдвинули более высокие требования к характеристикам деталей. В течение длительного времени исследователи изучают надежные и эффективные методы получения высокопроизводительных и долговечных компонентов. Как новый процесс обработки полем, электромагнитная импульсная обработка относится к введению энергии электромагнитного импульса в материалы или детали в виде импульсного тока или импульсного магнитного поля для достижения цели изменения их микроструктуры, формы, механических свойств и производительности обслуживания.

В качестве средства применения внешнего поля электромагнитная импульсная обработка имеет преимущества гибкого и контролируемого диапазона действия и режима действия и может применяться в области формовки материалов, сварки и упрочнения деталей. Его применение достигло многих прорывов в исследованиях многих ученых.

Электромагнитно-импульсная сварка разнородных металлов алюминия/стали

Сварная конструкция из разнородного металла из алюминия и стали обладает высокой удельной прочностью, хорошей коррозионной стойкостью и превосходными комплексными механическими свойствами и широко используется в аэрокосмической, атомной энергетике, железнодорожном транспорте, электронной технике и других отраслях промышленности. Однако из-за значительных различий в физических, химических и металлургических свойствах разнородных металлов алюминий/стали качественное соединение этих двух материалов сталкивается с большими трудностями. Технология электромагнитно-импульсной сварки представляет собой метод сварки в твердой фазе, который может эффективно решить проблемы сварки, вызванные различиями в характеристиках разнородных металлов. В настоящее время он широко используется при сварке разнородных металлов, таких как алюминий/сталь.

Авторы Чжан Липин [и др.] [1] проанализировали в своей статье, что технология электромагнитно-импульсной сварки сделала определенные прорывы в процессе, оборудовании и свойствах самого материала.

Технология

Использование технологии электромагнитно-импульсной сварки для проведения целевых исследований процессов обработки алюминия или стали достигло определенного прогресса, а исследования таких параметров, как входной ток, напряжение разряда и зазор заготовки, являются относительно глубокими, но их трудно обрабатывать, такие параметры, как магнитное давление, угол столкновения и скорость столкновения. Проведите углубленное исследование. Кросс-интеграция с другими дисциплинами, такими как имплантация гибкого датчика, для измерения магнитного давления и расчет начального угла столкновения путем управления положением прокладки, позволяет получить соответствующие параметры процесса и обобщить опыт и правила, чтобы компенсировать отсутствие возможности онлайн-мониторинга. Кроме того, имеется несколько соответствующих литературных отчетов о построении окна процесса сварки для ряда материалов, прогнозировании микроструктуры и характеристик соединения, диапазоне толщин свариваемого материала при электротермическом содействии и послесварочных испытаниях, термическая обработка и т. д., и могут быть проведены дальнейшие исследования.

Оборудование

Параметры устройства включают емкость, индуктивность. Различные влияющие факторы, такие как внутреннее сопротивление, характеристики катушки и характеристики магнитного коллектора, также играют жизненно важную роль в общих характеристиках сварного соединения.

В статье упоминается [1], что авторы Deng [и др.] [2] предложили электромагнитно-импульсное оборудование и метод сварки на основе двойных магнитных полей. Расширенная зона сварки с помощью фоновых катушек сила магнитного поля в домене увеличивает скорость столкновения заготовки. Схема двойного магнитного поля показана на рисунке 1. Результаты испытаний показывают, что вспомогательный эффект фонового поля может, увеличьте скорость столкновения заготовки и увеличьте площадь сварки область.

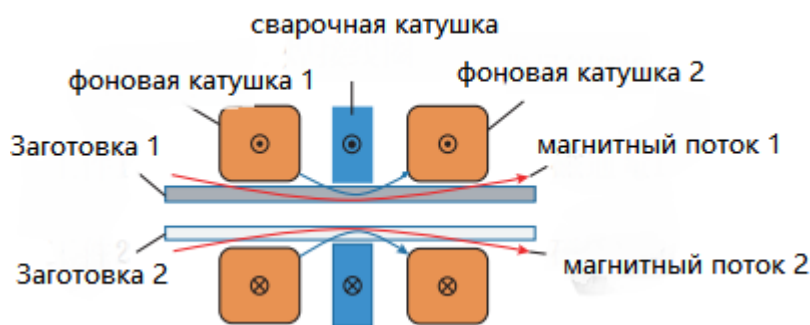


Рисунок 1 – Принцип электромагнитно-импульсной сварки на основе двойных магнитных полей

В настоящее время исследования оборудования для электромагнитно-импульсной сварки в основном сосредоточены на инновациях катушек и магнитных коллекторов, таких как форма, структура, материал, срок службы катушек, а также функция и форма магнитных коллекторов. Однако в настоящее время основной формой сварных соединений являются соединения внахлестку.

Размерный ряд высокоразнородных соединений алюминия и стали, расширение конструктивной формы сварных соединений и т. д. еще больше расширяют область применения технологии электромагнитно-импульсной сварки.

#### Электромагнитно-импульсное формовочное производство

Существование электропластичности и магнитопластичности позволяет импульсным электромагнитным полям повышать пластичность материалов, тем самым уменьшая напряжение течения и улучшая пластичность металла. Применение электромагнитных импульсов в процессе изготовления детали позволяет снизить сопротивление деформации и повысить стабильность деформации металла, тем самым снизить максимальную мощность оборудования и улучшить качество продукции.

Авторы Линь Юнь [и др.] [3] прикладывали импульсный ток высокой энергии к проволоке во время непрерывного процесса волочения, так что напряжение волочения значительно уменьшилось. По сравнению с традиционным волочением удлинение проволоки после волочения импульсным током увеличивается до 75 %, предел текучести более стабилен, а глубина царапин на поверхности также значительно уменьшается. В дополнение к электропластическому или магнитопластическому эффекту, который может уменьшить напряжение течения, улучшение качества поверхности проволоки также связано с улучшением поверхностной смазки, вызванной электромагнитными колебаниями, и улучшением состояния поверхностных сил, вызванных скин-эффектом электрического тока.

В дополнение к использованию электромагнитных импульсов для улучшения обрабатываемости материалов существуют также методы, в которых используется энергия электро-

магнитных импульсов для непосредственного стимулирования макроскопической деформации материалов, таких как электромагнитное формование. Электромагнитная формовка – это метод бесконтактной формовки, в котором используется сильное импульсное магнитное поле, создаваемое импульсным током в катушке, и сила Лоренца, генерируемая под совместным действием наведенного вихревого тока внутри металлического материала, для деформации материала с высокой скоростью. Основываясь на характеристиках высокой скорости деформации и бесконтактной деформации электромагнитного формования, по сравнению с традиционной технологией квазистатического формования, электромагнитное формование имеет множество преимуществ, таких как повышенная гибкость формования, снижение стоимости, улучшенная формуемость материала, уменьшенное пружинение и подавление образования складок [4].

Авторы Бах [и др.] [5] изучали процесс эволюции свойств и микроструктуры промышленного чистого алюминия при электромагнитной формовке и обнаружили, что изменение свойств заготовки в основном связано с изменениями микроструктуры внутри зерен, особенно с образованием субзерен, т. к. показано на рисунке 2.

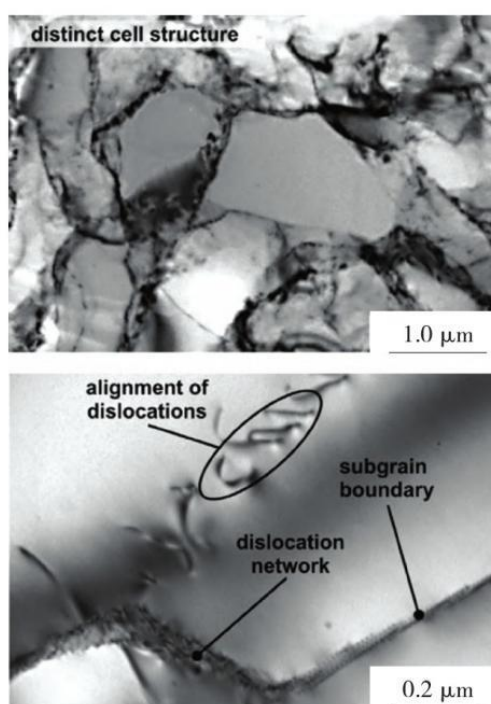


Рисунок 2 – Микроструктуры промышленного чистого алюминия при электромагнитной формовке

Вышеуказанные новые технологии снижают сложность обработки материалов в конкретных областях, повышают производительность и качество продукции, экономят производственные ресурсы и играют положительную роль в продвижении технологического производства в Китае и даже в мире.

#### Список использованных источников

1 Прогресс исследований электромагнитно-импульсной сварки разнородных металлов алюминия и стали /Чжан Липин [и др.] // Технология авиационного производства. – 2022. – №65(21). – С. 78–86.

2 Дэн, Ф.Х. Принцип и реализация системы электромагнитно-импульсной сварки с двухкаскадной катушкой / Ф. Х. Дэн, Q.L. Цао, Х.Т. Хан. – Международный журнал прикладной электромагнетики и механики, 2018, 57 (4) – С.389–398.

3 Исследование электропластического волочения сплава Inconel690 / Линь Юнь [и др.] // Технология термической обработки материалов. – 2010. – №39(24). – С. 80–82.

4 Лай, Чжипэн. Исследования по электромагнитной формовке листового металла с разновременным импульсным сильным магнитным полем / ЧжипэнЛай // Ухань: Хуачжунский университет науки и технологий. – 2017. – С. 105–112.

5 Бах, Ф. W. Влияние скорости формовки на микроструктуру и свойства материалов, подвергнутых электромагнитной формовке / Ф. W. Бах, Д. Борманн, Л. Уолден. – Дортмунд: Материалы 3-й Международной конференции по высокоскоростной штамповке, 2008. – С.55–64.