



УСТАНОВКИ МАГНИТО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Кузнецов И.О., к.т.н.,

Гулевский В.Б., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-23-41

Аннотация – работа посвящена вопросам обработки металлов магнито-импульсным способом на промышленных предприятиях.

Ключевые слова – электротехнологии, разряд импульса, закон Ампера, электромагнитная сила.

Постановка проблемы. Одним из распространенных способов использования электромагнитного поля в технологии обработки металлов – это силовое воздействие на металл с целью получения упругой деформации в нем с помощью импульсного электромагнитного поля [5, 7].

В основе этого вопроса лежит использование закона Ампера, в котором сказано, что на любой проводник с током, помещенный в переменное магнитное поле действует сила, направление которой определяется правилом «левой руки» [1]. Другими словами, если по металлической пластине, помещенной в переменное магнитное поле пропустить ток, то эта пластина будет из этого поля выталкиваться по закону Ампера. Если на пути ее движения поставить клише или форму, то эта пластина выгнется по форме этого клише, т.е. можно получить упругую деформацию с минимальными энергозатратами, не используя для этого мощные прессы. При этом источником магнитного поля может быть сама пластина, по которой протекает импульс электрического тока.

Анализ последних исследований. Для достижения больших динамических сил (давлений) через проводник нужно пропустить большой ток и создать большое магнитное поле [2, 5].

В обычных электромагнитных устройствах величина магнитного поля не превышает 2 Тл, а токи до 10...20 А/мм² [4]. Этого явно недостаточно для получения больших деформирующих механических напряжений (усилий).

Так как индукция насыщения обычных ферромагнитных материалов мала (1,5...2 Тл), то их применение для усиления магнитного поля не приносит результата.

Формулирование цели статьи. Единственный выход – кратковременное пропускание большого тока через проводник (импульс) при кратковременном пропускании тока в индукторе, создающем импульсное магнитное поле. Поэтому, основной задачей, которую необходимо раскрыть, является механизм, при котором происходит непосредственно обработка металла в импульсном магнитном поле и подборка технологических схем для реализации этого.

Основная часть. При пропускании тока плотностью порядка 10^{10} A/m^2 обычные материалы (Fe, Cu, Al) не плавятся в течение $t \leq 10^{-6} \text{ c}$ [2, 3]. В таком же импульсном режиме можно получить индукцию поля без разрушения индуктора при $B = 80 \text{ Тл}$, а с разрушением при $B = 200 \text{ Тл}$. Давление на проводник при этом составляет от 1кА до 1 МА.

В магнито-импульсной технологии используется сила, действующая на проводник с током, находящимся в магнитном поле либо внешнем, либо собственном

$$F = I \cdot B, \quad (1)$$

где I – объемная плотность тока, A/m^2 ;

B – магнитная индукция, Тл.

Для участков замкнутого контура, находящихся в собственном магнитном поле, направление электродинамических сил, действующих на проводник l , в направлении x , можно выразить

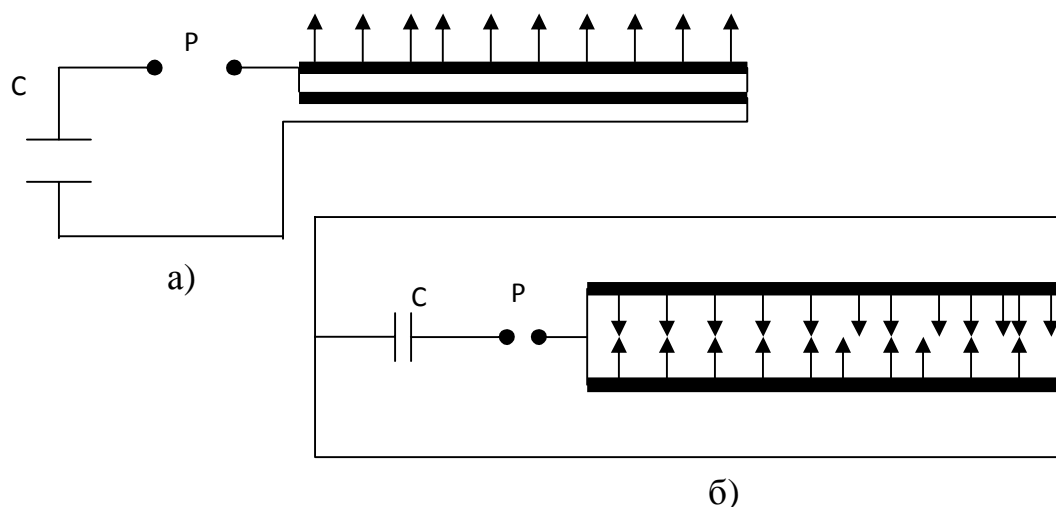
$$F = \frac{i^2}{2} \cdot \frac{dl}{dx}. \quad (2)$$

Продифференцировав силу, действующую на материал в определенной координате (2), получим

$$\frac{dW}{dx} = d\left(\frac{Li^2}{2}\right)/dx = \frac{i^2}{2} \cdot \frac{dL}{dX}. \quad (3)$$

Таким образом, из (3) следует, что проводник, по которому протекает электрический ток, возможно рассматривать как систему, в которой есть влияемый и влияющий факторы, т.е. магнитное поле, созданное протекающим током по детали, над которой требуется совершить деформацию, будет влиять на эту же деталь (рисунок 1). Так же нужно учесть, что если проводник с током уединен, существует сила,

которая стремится его сжать (или растянуть, в зависимости от направления ее влияния).

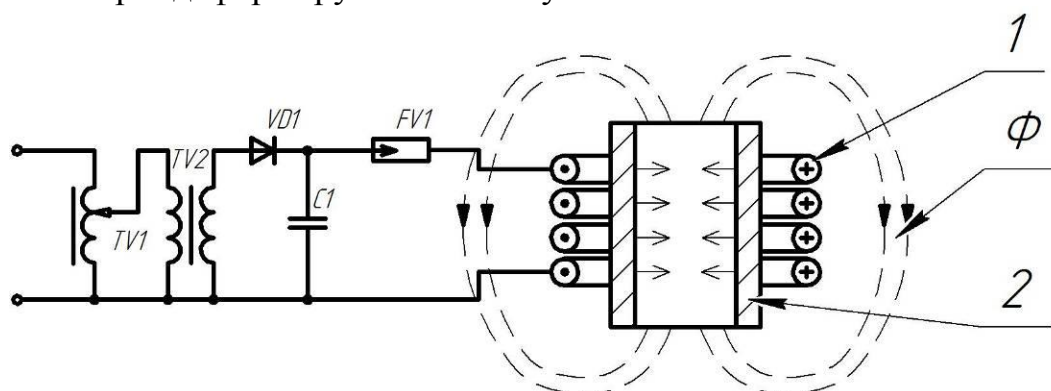


С – емкость (накопитель), Р – разрядник.

Рис. 1. Схемы магнито-импульсных установок с растягивающим а) и сжимающим б) усилиями.

Так же при данном виде обработки можно использовать отдельное устройство (индуктор) для создания внешнего магнитного поля, в которое помещается обрабатываемое поле (рисунок 2).

При протекании импульса тока [1, 4, 7] по виткам индуктора, когда разрядник FV1 пробивается и емкость С1 разряжается на индуктор 1, создается магнитный поток Φ , который индуцирует в заготовке 2 импульс "вихревого" тока. Его взаимодействие с магнитным полем обуславливает возникновение электромагнитных сил (показаны стрелками), которые могут достигать десятков тонн на квадратный сантиметр и деформируют заготовку.

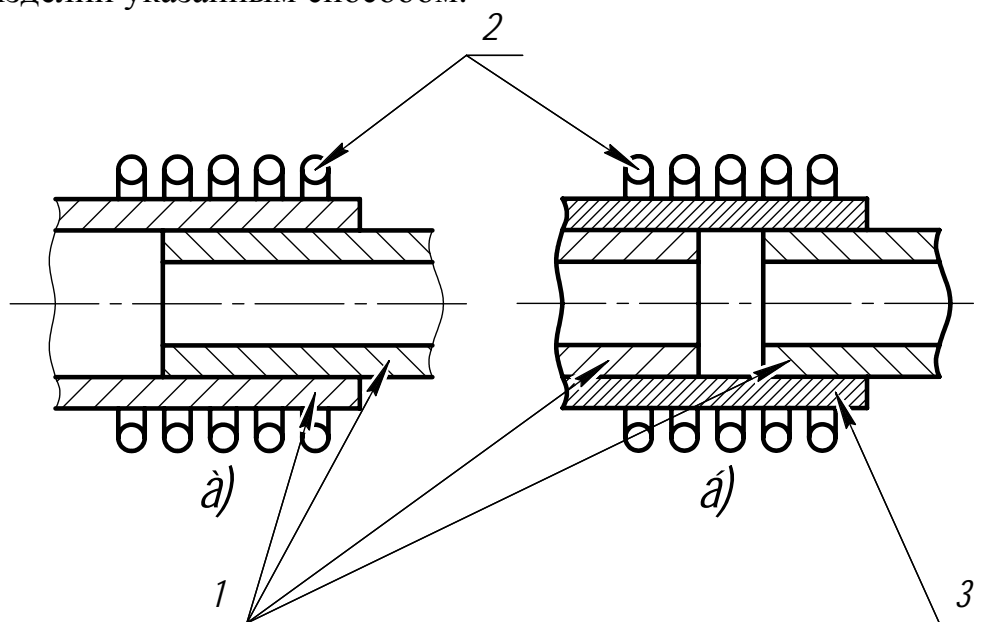


1 - индуктор; 2 - заготовка; С1 - емкостный накопитель (конденсаторная батарея); TV1 - автотрансформатор; TV2 - повышающий трансформатор; VD1 – диод (выпрямитель); FV1 – разрядник.

Рис. 2. Принципиальная схема установки для магнито-импульсной обработки.

На рисунке 3 в качестве примера приведены варианты обработ-

ки изделий указанным способом.



1 - заготовки; 2 - соленоид; 3 – муфта.

Рис. 3. Схема магнито-импульсной обработки: а) - соединение концов труб; б) - соединение труб муфтой.

При магнито-импульсной обработке достигаются скорости перемещения заготовки до нескольких сотен м/с.

Это явление используется в различных технологических процессах (штамповка, формообразование и т.д.).

Выводы. Отличительной особенностью магнито-импульсной обработки является отсутствие инерционной струи, через которую обычно передается давление на обрабатываемую деталь; распределение электродинамических сил по объему заготовки; возможность осуществлять операции в любой газовой среде или вакууме через изоляционные вставки. К преимуществам магнитной штамповки относятся также возможность точного регулирования электродинамических сил путем изменения электрических параметров установки, прироста оснастки, возможность полной автоматизации.

Литература

1. Болотов А.В. Электротехнологические установки: Учебник для вузов / А.В. Болотов, Г.А. Шепель. - М.: Высшая школа, 1988. - 336 с.
2. Басов А.М. Электротехнология / А.М. Басов, В.Г. Быков, А.В. Лаптев. - М.: Агропромиздат, 1985. - 256с.
3. Кудрявцев И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. - М.: Колос, 1975. – 356 с.
4. Свенчанский А.Д. Электротехнологические промышленные

установки: Учебное пособие / Под редакцией академика *А.Д. Свенчанского*. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 398с.

5. *Сарпулов Ф.Н.* Магнитогидродинамические машины с бегущим или пульсирующим магнитным полем: Учебное пособие / *Ф.Н. Сарпулов, О.Ю. Сидоров*. – Екатеринбург: УПИ, 1984. – 205с.

6. *Соколов Е.А.* Теплофикация и тепловые сети / *Е.А. Соколов*. – М.: Энергоиздат, 1982. – 360 с.

7. *Соколов М.М.* Электрооборудование механизмов электротермических установок / *М.М. Соколов, В.Н. Грасевич*. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 398с.

УСТАНОВКИ МАГНІТО-ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

Кузнецов І.О., Гулевський В.Б.

Анотація - робота присвячена питанням обробки металів магніто-імпульсним засобом на промислових підприємствах.

OPTIONS MAGNET IMPULSE OF TREATMENT OF MATERIALS

I. Kuznetsov, V. Gulevsky

Summary

Work is sanctified to the questions of treatment of metals a magnet impulse method on industrial enterprises.