

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА

Введение. Повышение износостойкости стальных изделий является крайне важным вопросом в современном машиностроении. Основными направлениями повышения износостойкости являются применение новых материалов и физические методы, изменяющие физико-механические свойства уже используемых материалов. Одним из таких методов поверхностного упрочнения является магнитно-импульсная обработка.

Основная часть. Суть магнитно-импульсной упрочняющей обработки заключается в пластической деформации металлов, который возможен при прямом преобразовании электроэнергии в механическую в обрабатываемом изделии.

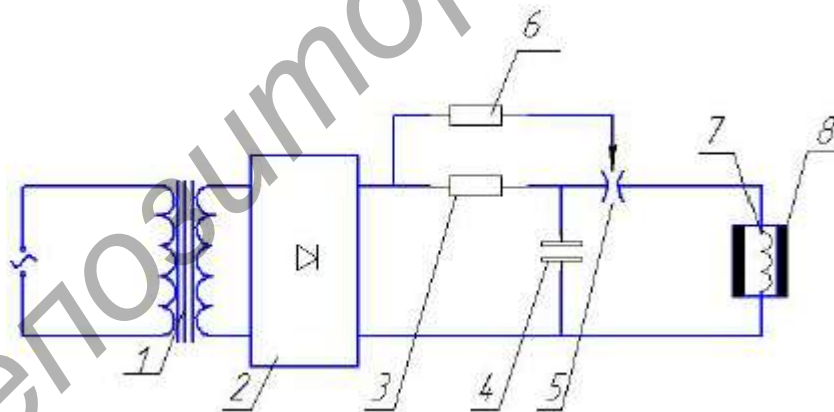
Основой магнитно-импульсной обработки являются электродинамические силы, возникающие в проводящем теле изделия, находящемся в переменном электромагнитном поле [1].

Преимуществом такой обработки по сравнению с другими методами упрочнения является то, что магнитно-импульсная обработка не меняет геометрические параметры и качество поверхности упрочненных изделий, имеет низкое энергопотребление, высокую производительность и экологическую чистоту.

Но этот метод не лишен недостатков: трудно получить детали с глубокой вытяжкой обрабатываемого материала; необходимость в промежуточных металлических прокладках-«спутниках» для металлов с низкой электропроводностью; ограниченность формы и геометрических размеров обрабатываемых заготовок для магнитно-импульсной обработки; низкая стойкость индукторов, особенно при обработке стальных заготовок.

В результате применения магнитно-импульсной обработки представляется возможной штамповка листовых и трубчатых заготовок толщиной до 5 мм. Размеры заготовок (диаметр, обрабатываемая площадь) обуславливаются запасом энергии установки, толщиной обрабатываемого материала, конструктивными возможностями индуктора и технологической оснастки. Наиболее эффективно магнитно-импульсным методом обрабатываются заготовки из меди, алюминия, магния и их сплавов [2].

Установка для магнитно-импульсной обработки в большинстве случаев имеет емкостный накопитель энергии — батарею конденсаторов. Принципиальная схема установки с емкостным накопителем энергии показана на рисунке 1 [3, с. 7].



1 — повышающий трансформатор; 2 — выпрямитель; 3 — зарядное сопротивление; 4 — батарея конденсаторов; 5 — коммутатор; 6 — блок управления; 7 — индуктор; 8 — деталь

Рисунок 1 — Принципиальная схема магнитно-импульсной установки

При включении магнитно-импульсной установки (МИУ) в сеть конденсаторная батарея 4 с помощью зарядно-выпрямительного устройства, включающего в себя повышающий трансформатор 1, выпрямитель 2 и зарядное сопротивление 3, заряжается до заданного регулятором запасаемой энергии 6 напряжения, составляющего от единиц до десятков тысяч вольт.

При необходимом напряжении на поджигающий электрод трехэлектродного разрядника 5 от блока управления 6 подается поджигающий импульс, инициирующий электрический пробой рабочего промежутка разрядника и коммутирующий разрядную цепь.

Импульс тока, проходя через индуктор 7, вырабатывает переменное магнитное поле. После подачи высокого напряжения создается локализованное давление на заготовку 8, которое может быть направлено на сжатие, расширение или улучшение физико-механических свойств металлов. Помимо этого, переменное магнитное поле создает в обрабатываемой заготовке 8, изготовленной из электропроводного материала, вихревые токи, имеющие обратное по отношению к току индуктора направление. Следовательно, эту систему можно рассматривать как трансформатор, у которого в качестве первичной обмотки выступает индуктор, а заготовка является вторичной обмоткой. Ток, протекающий в разрядной цепи магнитно-импульсной установки, имеет характер затухающей синусоиды, представленной на рисунке 2 [3, с. 9].

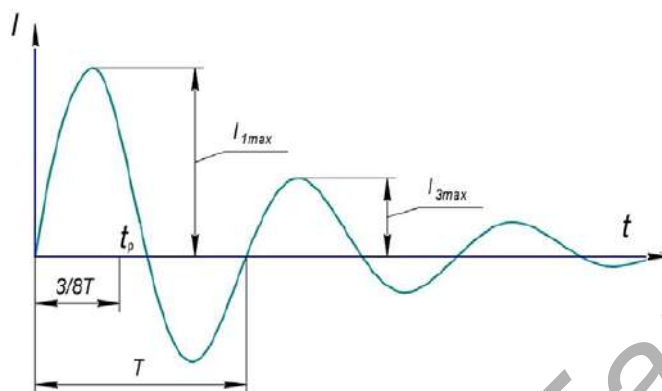


Рисунок 2 — Характер изменения разрядного тока I по времени t

Эффективность силового воздействия на заготовку при магнитно-импульсной обработке зависит от силы тока индуктора, электропроводности обрабатываемого материала и величины скин-слоя (расстояние от поверхности проводящей среды до расстояния, на котором амплитуда тока уменьшается в «е» раз). Тем меньше величина скин-слоя, чем ниже удельное электрическое сопротивление материала и выше частота колебаний разрядного тока.

Для создания электродинамических сил, способных деформировать обрабатываемую заготовку, необходим ток силой порядка десятков и сотен тысяч ампер. Но при этом в индукторе и заготовке выделяется тепло. То есть силовое воздействие на заготовку сопровождается ее нагревом. Температура нагрева заготовки определяется характеристиками разрядного тока, толщиной заготовки и физическими свойствами материала, из которого она изготовлена. Следует иметь в виду, что тепло выделяется в скин-слое. Поэтому во время протекания импульса тока приповерхностные слои заготовки, обращенные к индуктору, и рабочая поверхность индуктора могут нагреваться до высоких температур. В дальнейшем за счет теплопроводности происходит перераспределение тепла по всему объему индуктора и заготовки. При обработке заготовок из алюминиевых сплавов температура заготовки после съема ее с оснастки обычно меньше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3, с. 12]. Известно, что нагрев заготовки повышает пластичность материала, это так же является преимуществом магнитно-импульсной обработки.

Под действием магнитного поля в металле происходит образование новой структуры, характеристики которой зависят от величины напряженности магнитного поля. Структура упрочненного слоя отличается высокой дисперсностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками. На рисунке 3 изображены поверхность стали 8ХФ до и после магнитно-импульсной упрочняющей обработки [4].

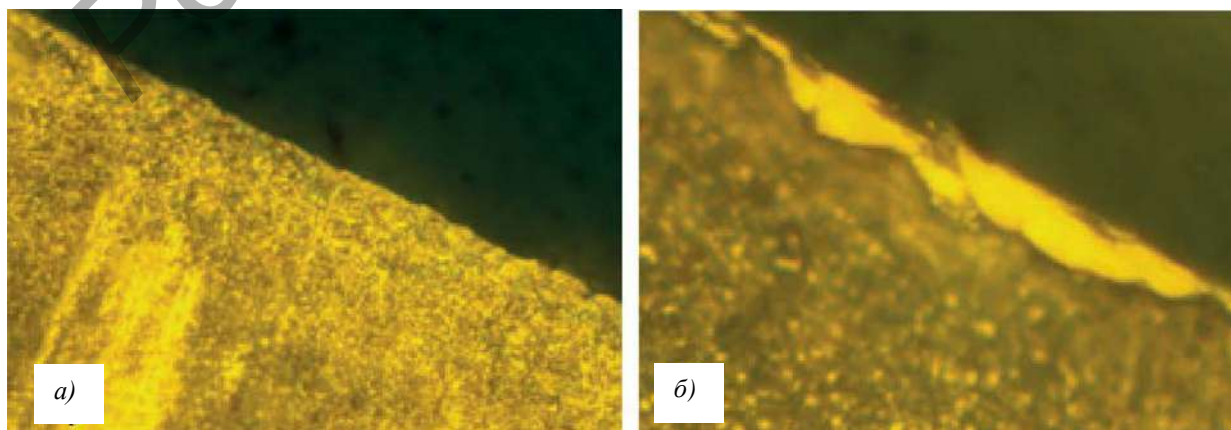


Рисунок 3 — Микроструктура образцов из стали 8ХФ: а — в исходном состоянии; б — после обработки магнитным полем ($\times 100$)

Итак, с помощью магнитно-импульсной обработки осуществляется прямое преобразование электрической энергии в механическую. Следует заметить, что электромагнитная энергия, выделяющаяся в детали, расходуется на деформацию заготовки, на ее нагрев, и частично рассеивается.

Также не стоит забывать о защитном слое индуктора, защищающий от механических повреждений и обеспечивающий возможность обработки любой заготовки, имеющей размеры в поле допуска при обработке цилиндрических деталей.

Заключение. Данный метод упрочняющей обработки стальных изделий, изготовленных из конструкционных и высоколегированных инструментальных сталей, является более перспективным и эффективным из-за большого количества преимуществ. Сегодня этот метод обработки используется для операций развальцовки тонкостенных металлических заготовок любых форм; опрессовки хрупких материалов; чеканки; соединения металлических деталей с неметаллическими; штамповки из металлического листа и т. д.

Список цитируемых источников

1. Магнитно-импульсная обработка металлов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://eti.su/articles/elektricheskie-mashini/elektricheskie-mashini_1465.html. — Дата доступа: 01.10.2022.
2. Магнитно-импульсная обработка металлов для улучшения характеристик или деформации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://xn--80aaaftebbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai/magnitno-impulsnaya-obrabotka-metallov/> — Дата доступа: 01.10.2022.
3. Магнитно-импульсная обработка материалов (МИОМ) : монография / А. Б. Прокофьев [и др.]. — Самара : АНО «Издательство СНЦ», 2019. — 140 с.
4. Магнитно-импульсная упрочняющая обработка металлических изделий // А. В. Алифанов [и др.] // Технология ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки : материалы 9-й Междунар. практ. конф. СПб, 10—13 апреля 2007 г. : в 2-х ч. — СПб. : Изд-во политехн. ун-та. — Ч. 1.— 2007.

УДК 620.97

И. Е. Нагорный, Е. В. Соловей

Государственное учреждение образования «Гимназия № 5 г. Барановичи», Барановичи, Республика Беларусь

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРЕМАТОРИЕВ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Введение. В связи с появлением большого количества экологических проблем, использование альтернативных вариантов захоронения становится необходимостью для сохранения окружающей среды. Согласно статистике, количество крематориев в развитых странах мира постоянно растёт и на период нашего исследования в США работает более 1,7 тысяч крематориев, а в Великобритании более 350 крематориев. Предпочитают кремацию тел в Японии и Китае около 98 % усопших, в Чехии — 95 %, Великобритании — 70 %, в Дании — 68 %, во Франции — 40 %, в Швеции — 65 %, а в Российских крупных городах, таких как Москва и Санкт-Петербург до 70 % людей.

В Республике Беларусь имеется только два крематория: один предназначен для трупов людей, другой — для туш животных и расположены они в г. Минск.

Рационально следующее решение данной проблемы:

- установка крематориев для людей в областных центрах республики и крупных городах, таким образом можно работать не только на один город, но и на всю близлежащую область;
- установка крематориев для животных в крупных агропромышленных комплексах страны.

Актуальность нашего проекта вызвана необходимостью сохранения окружающей среды и извлечения дополнительной энергии из необходимого процесса кремации.

Цель данного проекта заключается в изучении и анализе способа получения энергии из процесса кремации.

Основная часть. Система крематория работает следующим образом. Температура в печах может превышать 1 000 °С. Горячий дым из печи проходит через шлюз, после чего проходит несколько стадий охлаждения и фильтрации.

Мы предлагаем использование дыма, полученного в результате кремации, как альтернативного источника энергии. Можно пропускать дым через специально созданное устройство, в котором находится около 100—150 герметичных трубок. Все трубки окружены холодной водой, которая разогревается от 700 °С до 800 °С (необходимая температура регулируется за счёт количества трубок, а также их размеров). Затем нагретая вода после подогрева может попадать в систему центрального отопления [1]. Заметим, что подогрев воды не является единственным вариантом использования энергии, выделяемой теплом дыма крематория. Предлагаем использовать полученную энергию для отопления теплиц, животноводческих комплексов, освещения участка близлежащих дорог и самого крематория, ритуального зала, кафе.

На примере модели ТЭРМО 5000 опишем работу крематория. Схема функционирования крематория представлена на рисунке 1 [2].