

**Повышение пластичности металлов в условиях импульсного
электромеханического воздействия**

Студенты гр.10402119 Корнилов М.С., Красовкий Н.А.
Научный руководитель – Минько Д.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Металлы деформируются за счет рождения и перемещения дислокации или подвижных линейных дефектов кристаллической решетки. Изменяя состояние электронной подсистемы металла путем воздействия на него электромагнитным полем во время пластической деформации, можно активно влиять на условие движения дислокации, тем самым, представляется возможность менять служебные характеристики материала, такие как пластичность, прочность, электропроводность и т.д. Использование тока высокой плотности и магнитного поля в зоне деформации технически важных электропроводящих материалов позволяет интенсифицировать процесс обработки их давлением, исключая промежуточные технологические операции. В настоящее время достаточно широко изучены и внедрены в производство процессы электропластической деформации для волочения медной и стальной проволоки, штамповки, плющения,ковки, прокатки.

Быстрое изменение механических свойств металлов под действием импульсов высокоэнергетического электромагнитного поля (ЭМП) и связанного с ним электрического тока (ЭТ) представляет большой интерес при изучении процессов высокоскоростного деформирования металлов при обработке давлением. С одной стороны, за счет диссипации энергии ЭМП происходит разупрочнение металла, а с другой стороны, – его высокоскоростное упрочнение. Для надежного описания такого рода процессов требуется определение зависимостей механических свойств деформируемых материалов от скорости деформации и плотности вводимой в деформируемый объем энергии ЭМП. Непростая задача построения динамических диаграмм деформирования осложняется как условием сохранения постоянства скорости деформации, так и зависимостью электродинамических параметров нагружаемого образца от изменения его геометрии и структуры и свойств образца в процессе нагружения.

Таблица 1 – Связь электрофизических свойств металлических материалов с процессами и результатами обработки током высокой плотности.

Характеристики материала или электрофизической технологии после обработки электрическим током	Показатель материала или электрофизической технологии	Вид электрофизической технологии
Пластичность, прочность (приращение временного сопротивления при растяжении и относительного удлинения), предельная удельная энергия деформации металлов	Показатель Джоулевой составляющей электрического тока (удельное электросопротивление, теплоемкость и плотность), магнитная восприимчивость	Электропластическая деформация компактных металлов
Механизм электроспекания порошков (твердо- или жидкофазный)	Электропроводность порошковых материалов	Электропрокатка металлических порошков в вальцах - электродах

Стационарность процесса формования порошка с током	Диэлектрическая проницаемость порошковой системы	
Прочность, твердость, содержание не формирующейся фазы в порошковых композиционных материалах	Показатель Джоулевой составляющей электрического тока (удельное электросопротивление, теплоемкость и плотность)	Электропрокатка и электроспекание металлических порошковых композиционных материалов
Стабильность значений твердости и временного сопротивления при растяжении	Относительная магнитная проницаемость, коэрцитивная сила. Показатель Джоулевой составляющей электрического тока (удельное электросопротивление, теплоемкость и плотность)	Электротермическая обработка сталей

Экспериментальные исследования показали, что одновременное наложение электрических и магнитных полей в условиях их ортогональности в процессе пластической деформации существенно интенсифицирует пластическую деформацию, не обуславливая тепловыми факторами и другими физическими эффектами. Принципиальным отличием предложенной технологии электропластического деформирования является значительное уменьшение энергетического воздействия. Плотность пластифицирующего импульса уменьшается на один два порядка, чем при обычном ЭПД за счет дополнительного наложения магнитного поля. Этот эффект открывает возможность технического применения обработки металлов давлением при ортогональном наложении магнитных и электрических полей, что важно для деталей больших поперечных сечений и трудно деформируемых металлов и сплавов.

Электроимпульсная интенсификация технологических операций листовой штамповки тонкостенных деталей обшивки планера летательных аппаратов может осуществляться в ортогональных электромагнитных полях. Расположение векторов $\vec{j} \rightarrow E \rightarrow$ и $\vec{H} \text{ вл} \rightarrow$ показано на рисунке 1 применительно к специфической операции для авиационного производства подсечки угловых профилей. При обычной электропластической штамповке максимальная степень 70 деформации, определяемая отношением высоты подсечки h к длине ее сбегу L превышает соответствующие показатели, полученные без тока в 2-3 раза. В ортогональных полях $E \rightarrow$ и $\vec{H} \text{ вл} \rightarrow$ осуществляется дальнейшая интенсификация штамповки и точность изготовления подсечек будет в один прием соответствовать точности изготовления штампа.

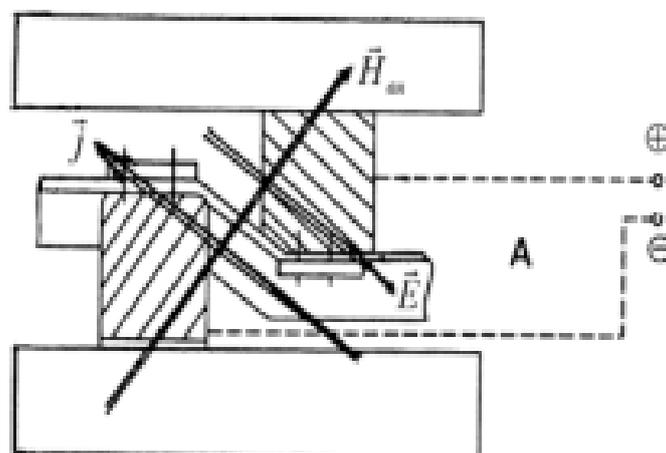


Рисунок 1 – Электроимпульсная интенсификация подсечки профиля в ортогональных полях

Первый рабочий импульс тока можно вводить в момент достижения механическими деформациями значений $\varepsilon_i = (0,25-0,7)$, где $\varepsilon_{пр}$ – предельная степень деформации при штамповке без тока, соответствующая моменту разрушения заготовки или потере ею устойчивости. Последующие импульсы вводятся по мере нарастания деформации до величины ε_i . Последний импульс (либо серия импульсов) вводится при величине деформации, меньшей $\varepsilon_{пр}$ на величину ε_i , что позволяет на заключительном этапе штамповки получать за счет деформационного упрочнения равнопрочные детали, вместе с тем снять остаточные напряжения и устранить пружинение заготовки. При наложении на зону электропластической деформации металла ортогональных электромагнитных полей в соответствии с принципом суперпозиции полей может усиливаться также пинч-действие импульсного тока и вызванная им активная вибрация металла заготовки, что создает дополнительный механизм и независимый канал пластификации металла.

Список использованных источников

1. Савенко, В.С. Повышение электропластичности металла в скрещенных электромагнитных полях / В.С. Савенко, О.А. Троицкий // Тяжелое машиностроение. 2003. – №6. – С. 8–11.
2. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы / Ю.В. Баранов [и др.]. // М: риц МГПИУ, 2001. – 844с.
3. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы / Ю.В. Баранов [и др.]. – М.: МГИУ, 2001. – 844 с.
4. Мальцев, И.М. Электрофизические процессы металлургии: учеб.пособие / И.М. Мальцев; Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2003. – 59 с.
5. Мальцев, И.М. Эффекты в металлических материалах во время электрофизической обработки/ И.М. Мальцев // Материаловедение и металлургия: межвуз. сб. ст. / НГТУ. – Н. Новгород, 2005. Т. 50. – С. 148–151.