

Применение явления электропластичности при производстве, сборке, эксплуатации и утилизации оборудования из металлов

Аннотация: В работе рассмотрено применение электропластического эффекта в технологиях работы с металлами на всех этапах жизненного цикла. Использование общих закономерностей проявления физических процессов при проявлении электропластического эффекта, а именно, формирование сильного виброакустического отклика при воздействии электрического импульса, вызывающего снижение сопротивления пластическим деформациям, релаксацию остаточных механических напряжений, трансформацию микроструктуры металла, образование ударно-волновых высокочастотных процессов в материале проводников.

Ключевые слова: электропластический эффект, акустическое смягчение, обработка металлов давлением, сборка, упругие деформации, пластические деформации, дезинтеграция

Электропластический эффект (ЭПЭ) в металлах [1] находит применение при изготовлении изделий из металла при применении технологий обработки металлов давлением (ОМД) таких как волочение, штамповка, прессование, прокатка как на рисунке 1(а). Применение ЭПЭ позволяет снизить на 40-70% сопротивление деформации обрабатываемого материала, повысить его пластичность и обеспечить релаксацию остаточных механических напряжений. ЭПЭ также обеспечивает трансформацию микроструктуры поверхностного слоя (200-300 мкм) металла, обеспечивая улучшение его механических свойств. ЭПЭ проявляется в различных металлах и сплавах при ОМД если через локальную область деформирования пропускают импульсный электрический ток высокой плотности (10-1000 А/мм²). Наиболее эффективно применение ЭПЭ при длительностях электрического импульса в 50-200 мкс. Успешно применяется ЭПЭ и при таких видах обработки металлов и сплавов, которые связаны с удалением

части материала заготовки, например, при резке, проточке, фрезеровании, сверлении и т.п. Снижение сопротивления деформации и сопутствующие ЭПЭ вибрации нашли применение при выполнении технологических операций для неразъемного и разъемного соединения нескольких деталей из одинакового или различных материалов – рисунок 1(б).

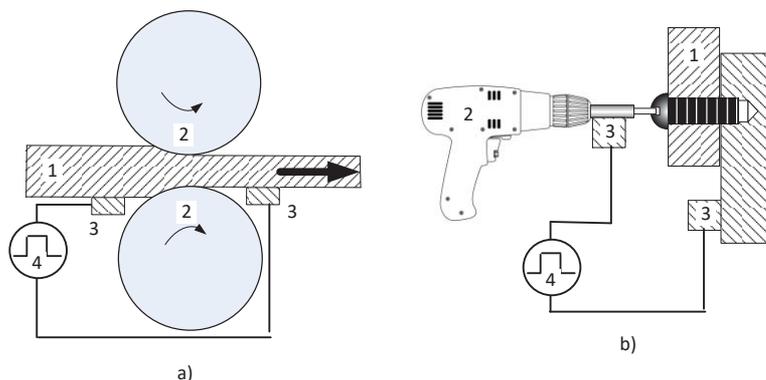


Рисунок 1 – Применение ЭПЭ при ОМД (а) и при выполнении технологической операции сборки (б). Заготовка – 1, инструмент – 2, контакты – 3, генератор прямоугольных импульсов – 4

Расширение области использования ЭПЭ при использовании технологий работы с металлами и сплавами ограничивается отсутствием непротиворечивой теории физических процессов во время действия ЭПЭ [1-2]. Описания механизмов ЭПЭ, основанные на негетерогенном выделении тепла при прохождении через металл электрического тока, или на прямом взаимодействии электромагнитных полей с процессом активации и транспортировки дислокаций не согласуются с экспериментальными данными динамических изменений механического и магнитного отклика металла на действие электрического импульса. Теоретический анализ таких противоречий представлен в работе [3]. В этой работе показана физическая несостоятельность указанных гипотез и предложена теория электроиндукционного механизма возбуждения колебаний в металле при пропускании импульсного тока. Такие механические колебания и раньше наблюдались при

электроимпульсном воздействии на металлы. Пример вибрационного отклика в виде сигналов ускорения (а) и перемещения (б) показан для случая экспериментального исследования ЭПЭ в проводнике на рисунке 2.

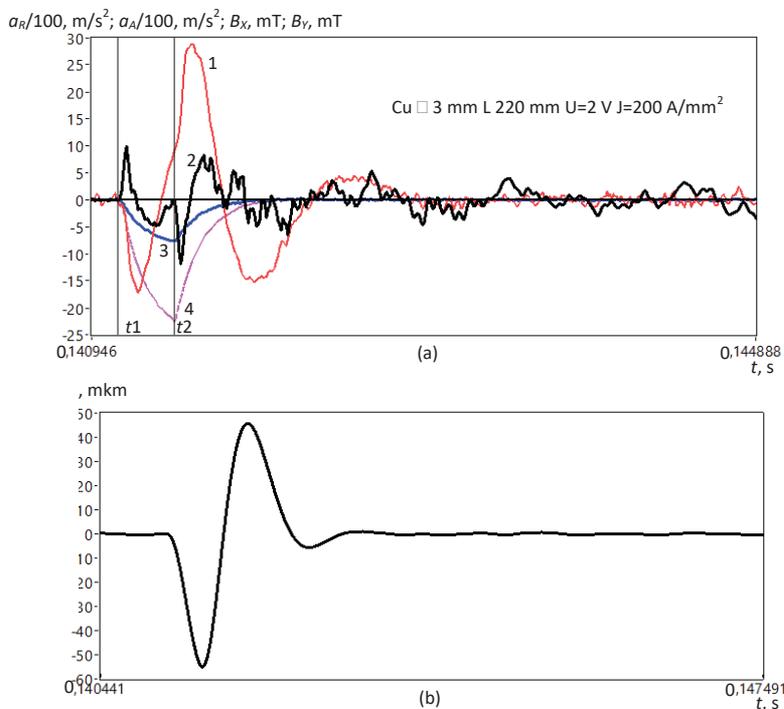


Рисунок 2 – Вибрационный отклик по ускорению (а) и по перемещению (б) на действие электрического импульса длительностью от t_1 до t_2 . Ток через металлический проводник пропорционален показанным на (а) магнитной индукции B

Действие возникающего при ЭПЭ ударно-волнового механического отклика на материал проводника оказывается сходным с наблюдаемым при воздействии на металл импульсного ультразвукового облучения. В последнем случае изменение пластичности и трансформация поверхностной микроструктуры

металла получило название акустического смягчения или акусто-пластического эффекта.

Амплитуда возникающих в металле механических динамических напряжений зависит от амплитуды действующего на металл электрического импульса. Если такие напряжения недостаточны для пластической деформации металла, возникающие упругие колебания можно использовать в качестве средства диагностики состояния электромеханического оборудования и при разработке средств непрерывного мониторинга и неразрушающего контроля в процессе испытания и промышленной эксплуатации электротехнического оборудования.

При воздействии электрических импульсов большей амплитуды виброакустический отклик металла может сопровождаться не только пластической деформацией, но и дезинтеграцией металла [4-5]. Формирование волновых процессов объясняет образование страт при наблюдаемой дезинтеграции проводника в этих экспериментах.

Предложенная модель физических процессов при ЭПЭ представляет двухступенчатый механизм преобразования действия электрического импульса в виброакустические колебания, которые затем воздействуют на микроструктуру металла проводника аналогично наблюдаемому при акустическом смягчении в материале. Такая модель позволяет получить непротиворечивое описание взаимодействия электрического импульса с металлом. Это обеспечивает возможность его применения на всех этапах жизненного цикла электропроводящих конструктивных элементов.

Литература:

1. *Троицкий О.А.* Электропластический эффект в металлах. – М.: Изд-во «Ким Л.А.», 2021. – 467 с.
2. *Liu Jiahao, Jia Dongzhou, Ying Fu, Kong Xiangqing, Lv Zhenlin, Zeng Erjun, Gao Qi.* Electroplasticity effects: from mechanism to application // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.* – 2023. – V. 131. – P. 1-20. – DOI: 10.1007/s00170-023-12072-y.
3. *Sutton A.P., Todorov T.N.* Theory of electroplasticity based on electromagnetic induction // *Physical review materials.* – 2021. – Vol. 5, No. 11. – 113605. – DOI: 10.1103/PhysRevMaterials.5.113605.

4. *Nasilowski J.* Phenomena Connected with the Disintegration of Conductors Overloaded by Short-Circuit Current (in Polish). – *Przeglad Elektrotechniczny*, 1961. – P. 397-403.

5. *Суркаев А.Л., Сухова Т.А.* Стратообразование при миллисекундном взрыве металлических проводников / IX Межрегиональная научно-практическая конференция «Взаимодействие предприятий и вузов – наука, кадры, инновации»: тезисы докладов конференции, Волжский, 18-19 апреля 2013 года. – Волжский: Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», 2013. – С. 85-86.

Торгашев Р.Е.

Экологический суверенитет в условиях устойчивого развития региональных мезосистем

Аннотация: Автором представлена проблема экологической ответственности и метод инновационного разбора проблемы низкого экологического суверенитета в регионах РФ. Автором определено содержание состояния проблемы. В работе кратко приведены методические рекомендации по формированию совершенствованию экологической ответственности в региональных мезосистемах, управление геоэкологизацией (экологической обстановкой территорий государства).

Ключевые слова: экологическая ответственность, экологический суверенитет, региональные мезосистемы, регионы Российской Федерации, развитие

2024 г. является непростым годом в условиях продолжающихся международных экономических и политических санкций, противоречиями и агрессией недружественных государств, большинство которыми являются членами Североатлантического альянса блока НАТО и список которых продолжает увеличиваться. В связи с этим РФ продолжает кардинально менять и перестраивать стратегический курс как геополитического стратегирования, так и