

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

Минько Д.В., Шиманович О.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Пластическая деформация является одним из самых распространенных методов формообразования материалов. В отличие от других методов, например, обработки резанием, пластическая деформация позволяет изменять структуру материала, модифицируя его свойства. Однако в некоторых случаях пластическая деформация может быть затруднена, что требует использования специальных методов, которые сами по себе не вызывают деформации, но приводят к существенному ее облегчению. Один из таких методов, включающий прямое электроимпульсное воздействие на проводящий материал, получил название электропластического деформирования (ЭПД) [1]. Для реализации ЭПД требуется, чтобы металл находился под механическими напряжениями выше предела текучести, а скорость деформации была соизмерима со скоростью дрейфа свободных электронов.

ЭПД может успешно применяться наряду с джоулевым эффектом в ставших уже традиционными способах обработки металлов давлением с использованием электрического тока, таких как электроконтактный и индукционный нагрев. Электроимпульсное воздействие позволяет повысить пластичность металла, улучшить его структуру и физико-механические свойства, экономить энергию при волочении, прокатке и штамповке металла за счет снижения усилий обработки [2]. Появляется возможность при низких и умеренных температурах обрабатывать наиболее труднодеформируемые и хрупкие материалы, к которым относятся и некоторые тугоплавкие металлы [3].

Наибольший практический интерес представляет наличие прямого вклада импульсного тока в пластическую деформацию металла по механизму дополнительных эффективных напряжений, которые возникают за счет передачи импульсов силы и энергии от потока электронов проводимости на движущиеся дислокации и дислокации в скоплениях.

Существует оптимальная частота следования импульсов (либо серий импульсов), зависящих от скорости деформации металла, при которой к приходу каждого из последующих импульсов успевают появиться неравновесные группы дислокаций и степень пластической деформации выходит на максимальный уровень. Из трех параметров электроимпульсного воздействия – амплитуды, длительности и частоты повторения отдельных импульсов – наибольшее влияние на пластичность во время деформации металла оказывают первые два, влияние параметра частоты импульсного воздействия сильно зависит от

скорости деформации. Увеличение частоты электроимпульсного воздействия может привести даже к снижению пластичности, т.к. каждый последующий импульс имеет дело с уже равновесными дислокационными группами, сорванными предыдущим импульсом, а новые неравновесные группы еще не успевают сформироваться. Эффективность ЭПД можно повысить, используя короткие серии импульсов и приостанавливая активное деформирование металла на момент пропуска серий с целью предотвращения отрицательного влияния упрочнения.

При практическом использовании ЭПД требуется учитывать ограничения по сечению заготовок из-за сложности создания в зоне деформации высоких плотностей тока порядка 10^4 - 10^5 А/мм², отсутствие промышленных импульсных источников, а также необходимость модернизации действующего технологического оборудования с целью подачи электрических импульсов непосредственно в зону пластической деформации металла. В отличие от электроконтактного нагрева, зона электроимпульсного воздействия должна быть до предела уменьшена с целью предупреждения чрезмерного нагрева, за исключением тех случаев, когда материал при низких температурах вообще не деформируется (например, вольфрам и его сплавы).

Применение ЭПД позволит решить задачу повышения пластичности металлов путем избирательного воздействия на материал только в очаге деформации, что приведет к существенному снижению энергоемкости и осуществлению позонной интенсификации технологических процессов обработки давлением, таких как волочение, прокатка, штамповка, вытяжка и др. Кроме того, такое направленное воздействие открывает перспективы получения из однородных заготовок композиционных материалов с периодически измененными свойствами – слоистых, поверхностно упрочненных, функционально-градиентных. Экологическая чистота и экономичность, высокая скорость и энергоэффективность воздействия, возможность комбинирования с джоулевым эффектом с достижением практически любых сопутствующих температур также позволяют говорить о перспективности применения электроимпульсного воздействия в процессе пластического деформирования тугоплавких металлов.

1. Троицкий, О.А. Физические основы и технологии обработки современных материалов. Теория, технология, структура и свойства. В 2 т. / О.А. Троицкий, Ю.В. Баранов, Ю.С. Авраамов, А.Д. Шляпин. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.
2. Троицкий, О.А. Электропластический эффект в металлах / О.А. Троицкий // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – № 9. – С. 65-76.
3. Пономарев, Т.С. Электропластический эффект при изгибе проволоки из вольфрама / Т.С. Пономарев [и др.] // Актуальные проблемы прочности: материалы международной научной конференции, Витебск, 25-29 мая 2020 г. / под ред. В.В. Рубаника. – Молодечно: Типография «Победа», 2020. – С. 296-298.