

5. Молоцкий М.И. // ФТТ. - 1991. – Т.33. - № 10. – С.3112.
6. Molotskii M. and Fleurov V. Magnetic effects in electroplasticity of metals, Physical Review B, 1996, v73, № 1, p.11.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА И СЕРИЙ ИХ СЛЕДОВАНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛА ДЕФОРМИРОВАНИЮ

Сташенко В. И., Троицкий О. А.

ИМАШ РАН, Москва, Россия
ssv568@mail.ru, otroitsky@mail.ru

Создание и внедрение перспективных технологий с применением внешних энергетических воздействий при пластическом формоизменении заготовок требует дальнейших исследований по изучению как эмпирических закономерностей, так и выявлению основных физических механизмов процессов, протекающих в материалах при действии электрических полей и токов.

Включение импульсного тока при пластической деформации сопровождается обычно скачком деформации, величина которого зависит как от структуры металла и величины, предшествующей деформации, так и от параметров тока. Прямое доказательство нетеплового действия импульсов тока получено в [1-3] при исследованиях полярности действия тока на пластическую деформацию, в работах [4-6] при корректном отделении эффекта от тепловой части действия тока.

Включение импульсного тока в процессе активной деформации образцов [1,5] или ползучести [4,6] приводят, как правило, к скачкообразному приращению деформации и связанному с этим скачку деформационного усилия. Зависимость этого эффекта от амплитуды I_m и длительности t_n носит пороговый характер [1,3]. Порог по I_m лежит на уровне 250–400 А/мм² для различных металлов, а по t_n на уровне 50–100 мкс. Эффект увеличивается с ростом I_m и t_n , а также с ростом частоты тока [7]. Встречные импульсы могут мешать друг другу в их действии на пластическую деформацию металла [8], а действие парных импульсов зависят от времени между импульсами в паре [4]. Значительно сильнее проявляют себя серии из 10-20 импульсов, пропускаемые через деформируемый металл с достаточным интервалом времени для накопления незавершенных сдвигов [9].

Отмеченные особенности электронно-пластического эффекта (ЭПЭ) естественно объяснить увлечением дислокаций электронами проводимости в направлении тока [10]. Однако действие тока на дислокации, участвующие в пластической деформации, не эквивалентно только применению к ним дополнительного механического напряжения [11]. Более значительный безактивационный вклад тока состоит в том, что под влиянием импульсов тока наиболее неравновесные группы дислокаций положительного знака открепляются от препятствий безактивационным путем, чему также способствует инерционный эффект Гранато [11]. При этом резко возрастают силы, действующие на дислокации в направлении тока. Группы же дислокаций отрицательного знака открепляются от стопоров только термофлуктуационным путем. К тому же это открепление затрудняется встречным током. При деформации происходит упрочнение материала, что препятствует появлению новых неравновесных групп дислокаций. Время формирования таких групп t_f [11] после микропластической деформации, вызванной очередным импульсом тока, с ростом общей деформации увеличивается. Наибольшее действие импульсный ток оказывает к приходу каждого из последующих импульсов, когда появ-

ляются неравновесные группы дислокаций. Этому условию удовлетворяют только n первых импульсов тока.

Разнесение импульсов и действие их сериями меняет энергетический и силовой характер импульсного тока на пластическую деформацию металла. Группа из m импульсов с одинаковыми I_m и t_m , следующих друг за другом через одинаковые интервалы t_n , образуют серию. Если $m=2$, а интервал t_n уменьшается и $t_n < t_m$, то действие пары импульсов приближается к действию одиночного удвоенной длительности [2,12]. При увеличении t_n характер действия импульсов меняется. В спектре энергетического воздействия появляются «лепестки» распределения энергии разной интенсивности. Дальнейшее увеличение m импульсов в серии сужает «лепестки», превращая их в линии (рис.1,а,б). С увеличением числа импульсов в серии эффективность действия импульсов снижается по сравнению действием первого импульса серии. Серией импульсов тока можно моделировать эквивалентность силового действия одиночного импульса тока нужной интенсивности. Необходимое число импульсов в серии и время пауз между сериями можно оценить, используя параметр времени элементарных актов пластической деформации металла и по условиям деформирования.

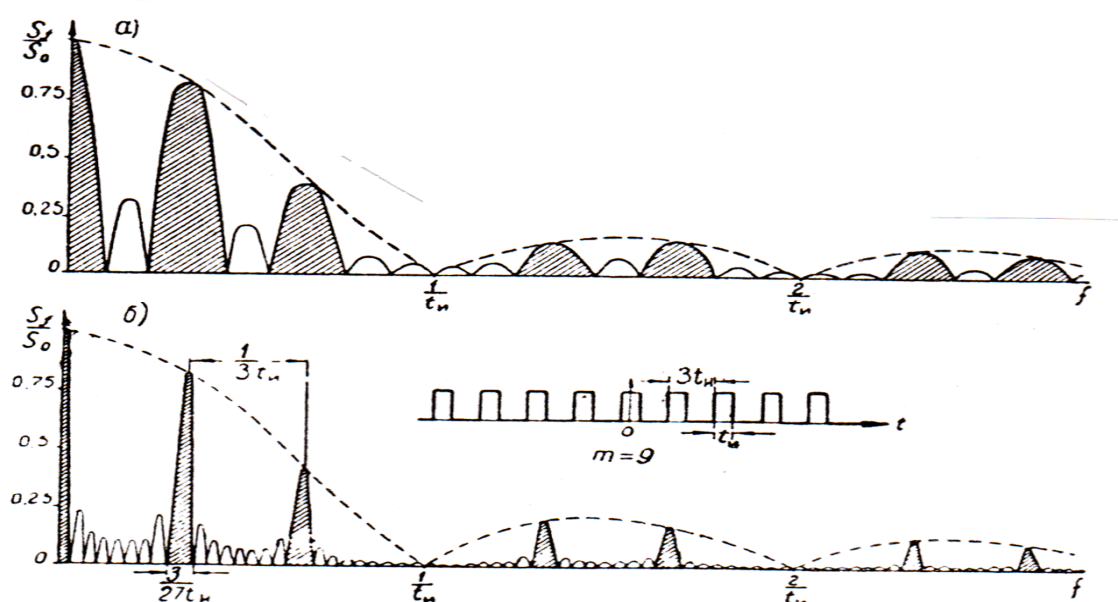


Рис. 1. Деление энергетического спектра воздействия на «лепестки» малой и большей интенсивности: S_f/S_0 – относительная величина модуля спектральной функции импульса; а) $m = 3$, б) $m = 9$.

Список литературы

1. Троицкий О.А. // Письма ЖЭТФ, 1969, т.10, № 1. С.18-20.
2. Троицкий О.А., Спицын В.И., Сташенко В.И. // ДАН. 1978. Т.241, № 2. С.349-352.
3. Зуев Л.Б., Громов В.Е., Курилов В.Ф., Гуревич Л.И. // ДАН. 1978. Т.239, № 1. С.84-86.
4. Сташенко В.И., Троицкий О.А. // ДАН. 1982. Т.267, № 3. С.638.
5. Okazaki K., Kagawa M., Conrad H. // Scr. Metall., 1978, v.12, p.1063-1068.
6. Silveira V.L.A., Porto M.F.S. // Ibid., 1981, v.15, p.945-950.
7. Троицкий О.А., Спицын В.И., Сташенко В.И. // ДАН. 1981. Т.256, № 5. С.1134-1137.
8. Троицкий О.А., Спицын В.И., Калымбетов П.У. // ДАН. 1980. Т.253, № 3. С.638.
9. Троицкий О.А., Моисеенко М.М., Спицын В.И. // ДАН. 1984. Т.274, № 3. С.587-590.
10. Кравченко В.Я. // ЖЭТФ. 1966. Т.56, № 6. С.16-76.
11. Рощупкин А.М., Троицкий О.А., Спицын В.И. и др. // ДАН. 1986. Т.286, № 3. С.633-636.
12. Ицхоки Я.С. Импульсное устройство. М.: Советское радио. 1959, 728с.