

В. С. САВЕНКО, М. С. ЖУК
УО МГПУ им. И. П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

РАСЧЁТ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Одним из перспективных направлений развития физики твердого тела и физического материаловедения в настоящее время является создание высокоинтенсивных технологий для получения материалов с комплексом высоких физико-механических и служебных характеристик.

Для технологических процессов электропластической деформации металлов необходимо учитывать физические условия создания пондеромоторных факторов для конкретных технически важных материалов с целью определения оптимальных значений пинч и скин-эффектов при одинаковых параметрах импульсного тока.

Перераспределение напряженности магнитного поля H в приповерхностных слоях металла обуславливает пондеромоторные явления в виде динамического пинч-эффекта, который помимо электронно-пластического действия импульсного тока приводит к сжатию образцов собственным магнитным полем и возбуждению упругих колебаний остова кристаллической решетки, с частотой следования импульсов тока на фронте их нарастания.

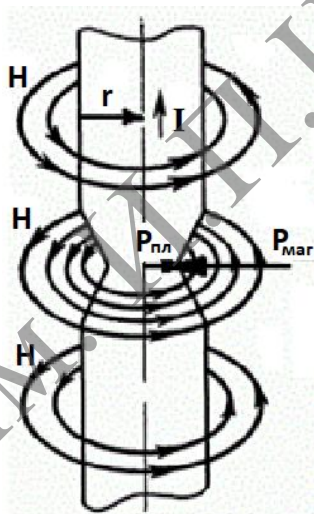


Рисунок 1. – Пондеромоторные силы в условиях электропластичности

При пинч-эффекте для постоянного по величине тока характерно перераспределение тока по плотности в сторону оси образца.

Таким образом, импульсное воздействие тока создает перераспределение плотности носителей от равномерного при отсутствии тока к максимальному на поверхности в начале импульса с переходом к максимуму около оси образца. В связи с этим следует отметить возможное наличие неравномерного выделения тепла, связанного с прохождением импульса тока по поперечному сечению проводника во времени. Если в начальный момент ток распространяется по поверхности, то и тепло будет выделяться в поверхностном слое, но затем большая часть тока, а следовательно и тепла будет выделяться в центральной части проводника. Неравномерное распределение выделяемого тепла может вызывать соответствующие динамические деформации, связанные с температурным расширением материала проводника.

Проведём расчёт собственного магнитного поля H_m на поверхности образца сурьмы с геометрическими размерами:

$r = 0,87$ мм – радиус образца;
 $S = 2.8$ мм² – площадь поперечного сечения образца сурьмы;
 $j = 4 * 10^3$ А/мм² – значение импульсного тока.
 Для этого воспользуемся формулой

$$H_m = \frac{2I_a}{10r}$$

где I_a – амплитудное значение тока.
 Учитывая, что

$$I_a = j * S = 4 * 10^3 * 2.8 = 11200 \text{ A.}$$

Подставив $r = 0.87$, получим

$$H_m = 0.2 * \frac{I_a}{r} = 0.2 * \frac{11200}{0.87} = 2.5 * 10^3 \text{ (Э)}$$

г	Hm
0,87	2574,71
0,97	2309,28
1,07	2093,46
1,17	1914,53
1,27	1763,78
1,37	1635,04
1,47	1523,81
1,57	1426,75
1,67	1341,32

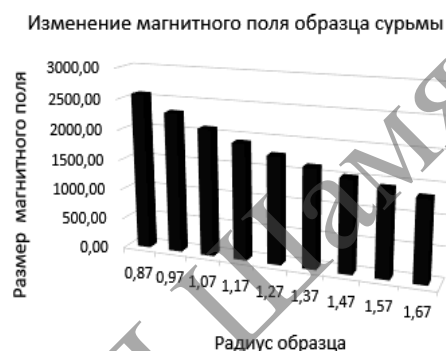


Рисунок 2. – Зависимость собственного магнитного поля от образца

На рисунке 2 представлена диаграмма зависимости магнитного поля от образца сурьмы, показано изменение магнитного поля образца сурьмы с радиусом поперечного сечения $r = 0.87$ мм при увеличении плотности тока.

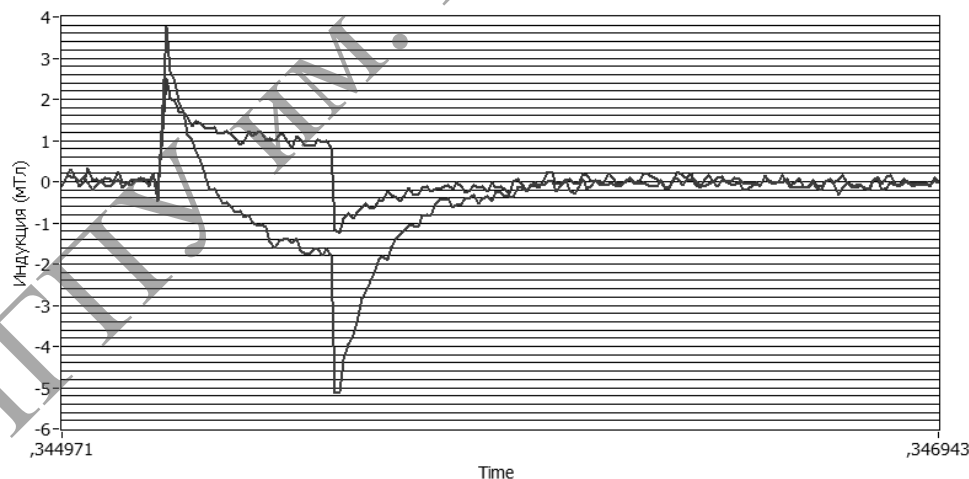


Рисунок 3. – Образец: титановый стержень сплав ВТ6 диаметром 3 мм, длина 50 мм. Длительность импульса: 381 мкс. Частота затухающих колебаний: 145,6 Гц. Синий – Радиальное магнитное поле; Красный – Концентрическое магнитное поле

На рисунке 3 приведена калибровочная характеристика датчиков Холла для концентрической составляющей магнитного поля. Полученная высокая линейность позволяет использовать такие измерения индукции магнитного поля для оценки мгновенных значений тока через образец.

При деформации металла в условиях электропластичности для реализации оптимальных значений достижения максимума пондеромоторных факторов необходимо выбирать частоту импульса тока, при

которой магнитное поле не успевает существенно проникать в образец, при этом скорость диффузии будет зависеть от проводимости металла и частоты тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Savenko, V. S. Electroplastic effect under the simultaneous superposition and magnetic fields / V. S. Savenko // Journal of applied physics. – 1999. – № 5. – P1–4.
2. Савенко, В. С. Механическое двойникование и электропластичность металлов в условиях внешних энергетических воздействий : монография / В. С. Савенко. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск : БГАФК, 2003. – 203 с.
3. Троицкий, О. А. Фундаментальные и прикладные исследования электропластической деформации металлов : монография / О. А. Троицкий, В. С. Савенко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 375 с.

МГТУ ИМ. И.П. ШАМЯКИНА