

В. С. САВЕНКО, Н. В. СТЕПАНЕЕВ, С. В. ПЕТРУШЕНКО, И. А. ПРОЦКО
МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

К РАСЧЁТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ПЛОТНОСТИ ТОКА ПОНДЕРОМОТОРНЫХ ФАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧНОСТИ

При пропускании импульсного тока плотностью 10^3 А/мм^2 и длительностью 10^{-4} с через зону деформации прокаткой электротехнического алюминия марки АП-5М реализуется электропластическая деформация. Для технически важных материалов с целью интенсификации технологических процессов при обработке металлов давлением и получения изделий с высокими физико-механическими характеристиками целесообразно учитывать роль пондеромоторных факторов за счёт возникающих пинч- и скин-эффектов.

За счёт импульсов тока большой плотности, пропущенных через металл, нагруженный выше предела текучести при реализации электропластической деформации, обуславливается возникновение пондеромоторных эффектов за счёт сжатия электронной плазмы магнитным полем, индуцированным протекающим током [1–2].

Для определения значения собственного магнитного поля, возникающего от пондеромоторных факторов при электропластической деформации прокаткой образцов алюминия, были рассчитаны необходимые значения электрического поля \vec{E} и плотности тока \vec{j} с помощью математического пакета Matlab.

Постоянное электрическое поле в проводнике существует только при наличии тока, которое поддерживается внешним источником электродвижущей силы. Из закона Фарадея $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ следует, что источником электродвижущей силы служит изменяющийся магнитный поток, порождающий вихревое электрическое поле с возникновением токов Фуко, которые экранируют переменное магнитное поле так, что оно не проникает вглубь проводника. В то же время токи Фуко не могут экранировать статическое магнитное поле, и при наличии омического сопротивления — они не могут существовать бесконечно, и как следствие статическое магнитное поле свободно проникает вглубь проводника, причем, чем быстрее изменяется магнитное поле, тем меньше глубина. В проводниках, у которых омические потери малы, уменьшение глубины проникновения поля становится заметным при умеренных частотах [3–5].

Рассчитаны плотность тока и напряженность собственного магнитного поля от частоты следования импульсов тока 500 Гц и радиуса образца (0,4 мм) в соответствии с единичным обжатием на технологическом переходе (таблица 1).

Таблица 1. – Расчет плотности тока и напряженности собственного магнитного поля при частоте следования импульсов тока в 500 Гц

| Радиус, R (мм) | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Плотность тока, $J(\text{А/мм}^2)$ | 1020,6538 | 1018,7631 | 1015,5418 | 1013,1683 | 1007,3217 |
| Напряжённость магнитного поля, $H(\text{А/мм})$ | 0 | 54,0416 | 108,1368 | 162,1251 | 216,2871 |

Графические результаты расчёта собственного магнитного поля в образце с помощью математического пакета Matlab представлены на рисунке 1.

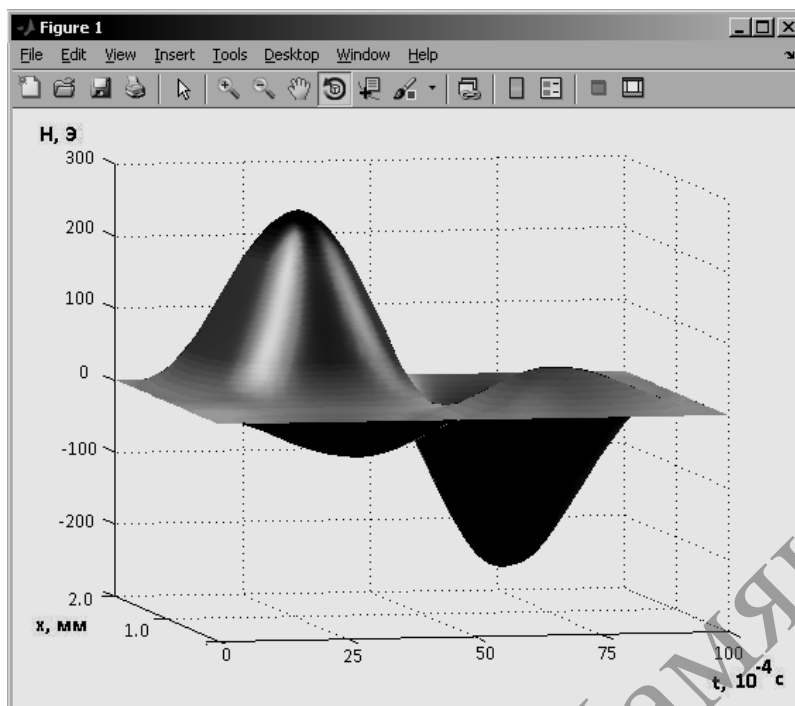


Рисунок 1. – Изменение магнитного поля в образце алюминия при 500 Гц

Как видно из рисунка 1, в образце деформационного алюминия наблюдается изменение магнитного поля, причем при перемещении от центра к поверхности образца напряженность магнитного поля увеличивается и достигает значения 225 Э, на расстоянии в 1 мм от центра поперечного сечения образца напряженность магнитного поля принимает наибольшее значение в 25 Э.

С помощью математического пакета Matlab построено распределение электрического поля и плотности электрического тока при вторичных пондеромоторных факторах в явлении электропластичности деформационного алюминия (рисунок 2).

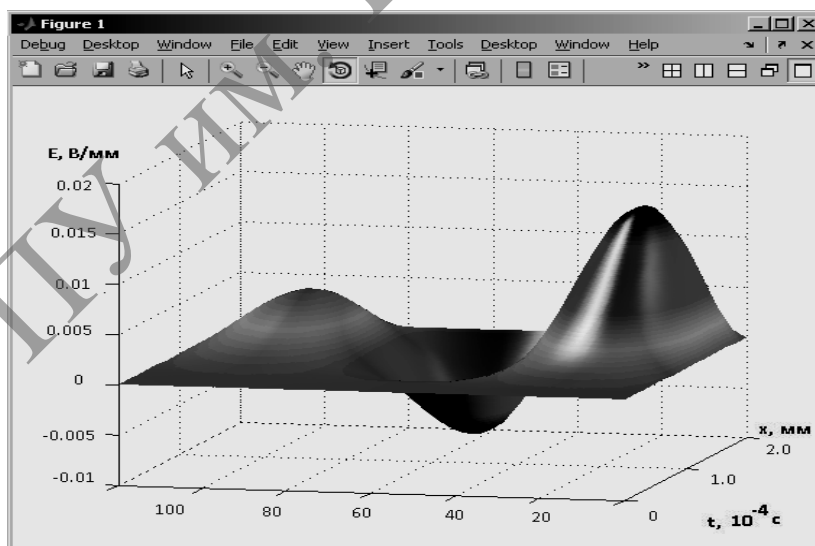


Рисунок 2. – Электрическое поле и плотность тока – распределение электрического поля при 500 Гц

Из графиков видно, что напряжённость электрического поля изменяется от оси к стенкам и достигает максимального значения **0,025 В/мм**, на расстоянии в **1 мм** от центра поперечному сечения образца напряженность электрического поля принимает значение в **0,01 В/мм**. Плотность тока будет также неравномерно распределяться по сечению образца.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савенко, В.С. Вклад пондеромоторных факторов в реализацию электропластической деформации / В.С. Савенко, О.А. Троицкий, А.Г. Силивонец // Известия НАН РБ. Серия физико-технических наук. – 2017. – № 1. – С. 85–91.
2. Троицкий, О. А. Физические и технологические основы электропластической деформации металлов : монография / О. А. Троицкий, В. В. Савенко. – Мозырь: МГПУ им. И. П. Шамякина, 2016. – 208 с.
3. Bennett, W.H. Magnetically self-focussing streams / W.H. Bennett // Phys. Rev., – 1934. – № 45. – P. 890.
4. Рошупкин, А.М. О влиянии электрического тока и магнитного поля на взаимодействие дислокаций с точечными дефектами в металлах / А.М. Рошупкин, И.Л. Батаронов // Физика твердого тела. – 1988. – Т. 30, № 11. – С. 3311.
5. Савенко, В.С. Механическое двойникование и электропластичность металлов в условиях внешних энергетических воздействий: монография / В.С. Савенко. – 2-е изд., дополненное и переработанное. – Минск: БГАФК, 2003. – 203 с.