

УДК 539.3.620.23

В.С. Савенко, О.А Троицкий

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПЛАСТИФИКАЦИИ МЕТАЛЛА
В СКРЕЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ**

В последнее время появились работы, в которых явление электропластичности наблюдалось на тугоплавких и труднодеформируемых металлах [1, 2]. Резкое повышение пластичности и уменьшение сопротивления деформированию тугоплавких и труднодеформируемых сплавов связано с созданием градиента температуры и электрического потенциала в процессе деформации. Исходя из полученных данных, предложен способ изготовления тончайшей ленты из тугоплавких и труднодеформируемых металлов и сплавов [3].

С целью повышения пластических свойств прокатываемой ленты и получения высоких относительных обжатий за проход прокатку ведут с одновременным протеканием электрического тока через валки с созданием градиента электрического потенциала. Величина градиента электрического потенциала составляла 10-100 В/см.

Резкое повышение пластичности при наличии в очаге деформации электрического тока высокой плотности обуславливается увеличением подвижности дислокаций под действием электронов проводимости, которые образуют "электронный газ", имеющий определенную величину вязкости:

$$\gamma = 1/3m^*n\lambda U_{\phi}^*$$

где n – число электронов в единице объема,
 m^* – эффективная масса электрона,
 λ – длина свободного пробега электрона,
 U_{ϕ} – истинная скорость электрона, определяющаяся энергией Ферми.

Если создать направленный поток электронов, то на единичную площадку будет действовать в направлении движения электронов сила

$$F=qd\omega_x/dz,$$

которая изменяет скорость электронов на расстоянии λ от 0 до U_q :

$$F = \frac{1}{3} m^* n U_{\phi}^* U_q$$

Смещение дислокаций определяется вектором Бюргера b , а собственная скорость дислокации равна U_c^* , сила, действующая на единицу длины дислокации составит

$$F = \frac{1}{3} m^* n U_{\phi}^* b (W_q - W_c)$$

Это выражение совпадает с квантомеханическим расчетом для силы, действующей на дислокацию [2].

Если $W_q - W_c < 0$, электрический ток тормозит движение дислокаций, при $W_q - W_c < 0$ – увлекает дислокации.

Одновременное наложение электрических и магнитных полей в условиях их ортогональности в процессе пластической деформации существенно интенсифицирует пластическую деформацию, не обуславливая тепловыми факторами и другими физическими эффектами. Принципиальным отличием электропластической деформации является значительное уменьшение энергетического воздействия. Плотность пластифицирующего импульса

уменьшается на один – два порядка, если сравнить ее со скоростью при обычном ЭПД, за счет дополнительного наложения магнитного поля. Этот эффект открывает возможность технического применения обработки металлов давлением при ортогональном наложении магнитных и электрических полей, что важно для деталей больших поперечных сечений.

Предложен запатентованный авторами [5] способ повышения пластичности детали, относящийся к технологиям обработки металла давлением при пластифицировании зоны деформации наложением электромагнитных полей при обработке металла резанием. Рекомендуются новая технология повышения пластичности проводящих материалов на основе эффекта Холла. Сущность предложенного способа заключается в следующем: при обработке образца деформированием во взаимно перпендикулярных направлениях прикладываются постоянные электрические и магнитные поля. Смещение электронной плотности образца за счет возникающего эффекта Холла в зону деформации приводит к пластифицированию этой зоны. Поскольку эффект пластификации при условии перпендикулярности электрического и магнитного полей достигается за счет изменения поверхностной энергии детали в результате появления поверхностного заряда при поляризации заготовки за счет эффекта Холла. Существенной особенностью предложенной технологии является использование обрабатываемого инструмента из непроводящего материала. Это может быть реализовано при электропластическом волочении медной проволоки, где фильера используется в качестве режущего инструмента, а медная проволока – в качестве проводящего материала. Если же между деталью и инструментом будет существовать проводящий контакт, то поляризационный заряд будет концентрироваться на инструменте, и, как следствие, пластифицирующий эффект будет отсутствовать.

В описанном способе повышения пластичности проводящего материала за счет наложения на зону деформации скрещенных электромагнитных полей реализуется интенсификация механизма электропластического эффекта за счет эффекта Холла. Общий принцип способа, который можно применять при любом виде обработки металлов давлением с участием тока, заключается в том, что к деформируемому образцу во взаимно перпендикулярных направлениях прикладываются постоянные электрическое и магнитное поля. При этом под влиянием эффекта Холла происходит смещение электронной плотности образца в зоне деформации, что усиливает электропластический эффект. Сопутствующим эффектом является появление заряда при поляризации образца за счет эффекта Холла.

При наложении на зону электропластической деформации металла скрещенных электромагнитных полей в соответствии с принципом суперпозиции полей может усилиться также пинч-действие импульсного тока и вызванная им активная вибрация металла заготовки, что создает дополнительный механизм и независимый канал пластификации металла. [4, 6]

Ниже приводится технологическая схема применения скрещенных электромагнитных полей в процессах электропластического волочения на основе способа повышения электропластичности проволоки при ее волочении за счет наложения на зону деформации скрещенных электромагнитных полей.

На рисунке 1. приведено устройство для подведения тока в ходе электропластического волочения проволоки, которое устанавливается на стандартный волочильный стан вместо штатного узла с волокой.

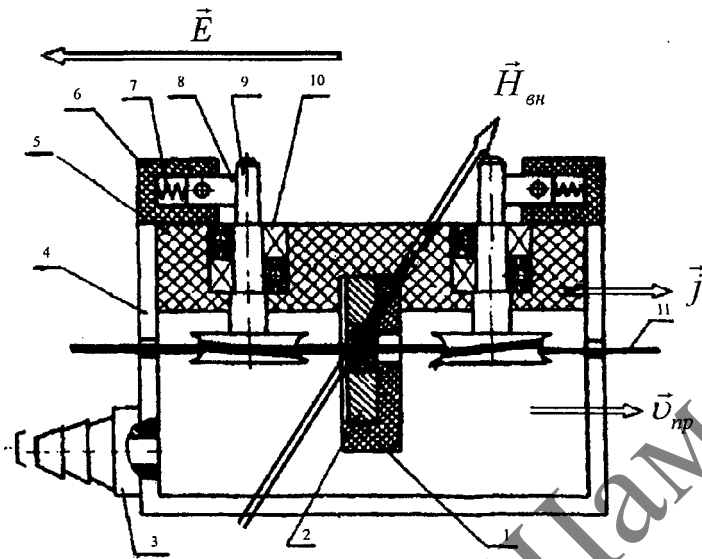


Рис 1. Устройство для подведения тока в виде вращающихся латунных и меднографитовых щеточных контактов при ЭВП стальной проволоки: 1 – волокодержатель; 2 – волока; 3 – штуцер для подачи эмульсии; 4 – корпус; 5 – стенка; 6 – щеткодержатель; 7 – нажимная пружина; 8 – щетка; 9 – ось; 10 – подшипник; 11 – проволока, проходящая ЭВП

Это устройство, реализованное на Белорезцком металлургическом комбинате, содержит вращающиеся контактные ролики, изолированные от стана, и ванну для проточной охлаждающей жидкости. Волока при такой схеме подведения тока не включена в электрическую цепь, но механически деформирует внутри себя проволоку с током [6]. Направление движения проволоки указано вектором скорости $\vec{U}_{пр}$. В том же направлении указан вектор плотности импульсного тока \vec{j} , создающего электропластический эффект в зоне деформации проволоки. При этом электрическое поле направлено против движения проволоки, что указано вектором \vec{E} .

Для создания скрещенного электромагнитного поля перпендикулярно электрическому полю \vec{E} прикладывается внешнее постоянное магнитное поле, обозначенное на чертеже вектором $\vec{H}_{вн}$, направленное перпендикулярно плоскости чертежа.

Литература

1. Троицкий О.А., Спицын В.И., Рыжов В.Г. Электропластическое волочение стали, меди и вольфрама // Доклады Академии наук СССР, 1978, т. 243, № 2, с. 330-333.
2. Савенко В.С. Исследование влияния энергетических воздействий на деформационные процессы в технически важных материалах // Веснік Мазырскага педагагічнага інстытута імя Н.К. Крупскай. – Мозырь, 1999, № 1, с. 27-30

3. Климов К.М., Шнырев Г.Д., Новиков И.И. Способы изготовления тончайшей ленты из тугоплавких и труднодеформируемых металлов и сплавов // Авт. св. 547274 (СССР). – Оpubл. в Б.И., 1977, №7, с. 38.

4. Савенко В.С. Механическое двойникование металлов в условиях внешних энергетических воздействий // – Минск: «Технопринт», 2000. – 218 с.

5. Савенко В.С., Пинчук А.И. Способ повышения пластичности проводящих материалов на основе эффекта Холла // Способ повышения пластичности деталей. Патент Российской Федерации на изобретение № 2052514, 1996.

6. Баранов Ю.В., Троицкий О.А., Авраамов Ю.С., Шляпин А.Д.. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы. Изд. МГПУ, 2001. – М., с. 843.

Summary

The simultaneous imposing (superposition) electrical and magnetic fields in conditions of their ortogonality during plastic deformation, not causing the thermal factors and other physical effects.

Поступила в редакцию 20.03.03.