

УДК 621.791.75.042

Грибков Э. П.
Бережная Е. В.
Данилюк В. А.
Махмудов К. Д.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПЛЮЩЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ

Развитие современного машиностроения характеризуется повышением эксплуатационных параметров работы машин, в результате чего использовавшиеся ранее технологические процессы часто не соответствуют возросшим требованиям надежности и долговечности [1]. В связи с низкой износостойкостью деталей сельскохозяйственных машин, работающих в условиях абразивного износа (лемеха плугов, лапы культиваторов), происходит их преждевременный выход из строя и снижение их срока службы. При эксплуатации дорожно-строительной, мелиоративной, сельскохозяйственной и других видов техники наиболее интенсивному изнашиванию подвергаются детали, находящиеся в непосредственном контакте с рабочей средой [2, 3], причем изнашивание протекает в условиях абразивно-ударного воздействия со стороны перемещаемых материалов, твердость которых зачастую превышает или имеет близкие показатели к твердости материалов, из которых изготовлены сами детали.

Достижение высокого качества и эксплуатационной надежности машин, работающих в условиях интенсивного абразивного износа, а также их более низкой стоимости, является условием обеспечения высокого и устойчивого уровня рыночной конкурентоспособности и возможно лишь на основе прогрессивных наукоемких технологий. Одним из таких направлений является применение функциональных покрытий изнашиваемых деталей машин. Одним из наиболее эффективных способов нанесения покрытий является электроконтактная наплавка порошковых проволок [4, 5]. Однако, при применении порошковых проволок имеет ряд недостатков: небольшая площадь контакта наплавляемого материала с восстанавливаемой поверхностью, необходимость обеспечения требуемой степени деформации для получения заданной формы, ширины и толщины наплавленного слоя, а также низкая степень и неравномерность уплотнения шихты сердечника порошковой проволоки, что связано со сложными процессами перераспределения частиц порошкообразной шихты под действием усилия на ролике-электроде электроконтактной машины. Поэтому целесообразно применение для электроконтактной наплавки порошковой плющеной ленты, получаемой путем прокатки порошковой проволоки между вращающимися цилиндрическими рабочими вальцами

Целью работы является математическое моделирование напряженно-деформированного состояния при реализации процесса плющения порошковой проволоки для электроконтактной наплавки.

Расчетная схема очага деформации при плющении порошковой проволоки (рис. 1) предопределяет использование ряда допущений: рассматривается процесс плющения порошковой проволоки в монометаллической оболочке, причем пластическая деформация удлинения оболочки отсутствует.

Исходя из условия сохранения массы, результирующее в рамках элементарного объема значение относительной плотности порошкового сердечника может быть определено как:

$$\gamma_{xi2} = \gamma_{xi1} \frac{F_{xizj2}}{F_{xizj1}} = 4\gamma_{xi1} \frac{4(h_{xij} - 2s)(b_{xizj} - 2s - h_{xij}) + \pi(h_{xij} - 2s)^2}{\pi(d_0 - 2s)^2}, \quad (1)$$

где γ_{xi1} – начальная относительная плотность порошкового сердечника в рамках элементарного объема;

F_{xizj1}, F_{xizj2} – площадь выделенного элементарного объема проволоки и плющеной ленты соответственно;

h_{xiyi}, b_{xizj} – толщина и ширина плющеной порошковой ленты в выделенном элементарном объеме;

s – толщина металлической оболочки;

d_0 – диаметр порошковой проволоки.

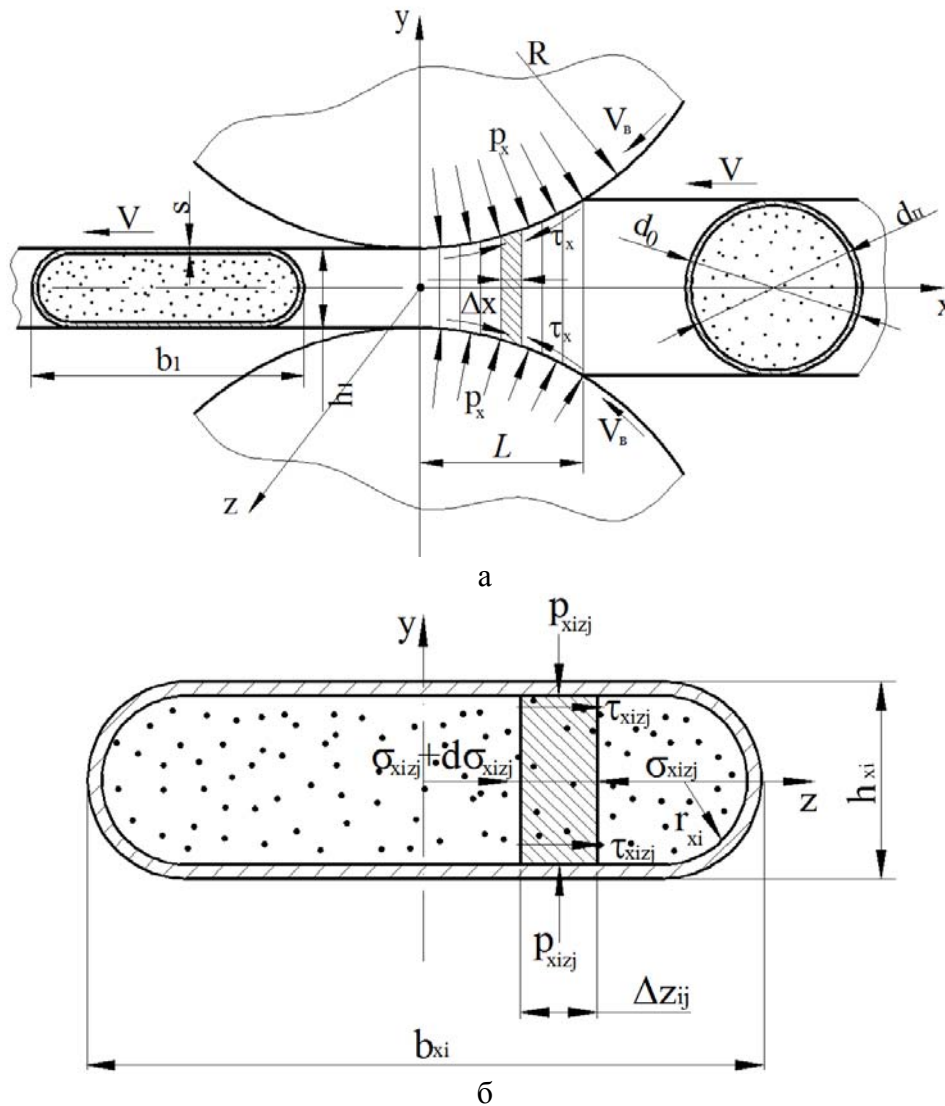


Рис. 1. Расчетная схема очага деформации (а) и выделенного элементарного объема (б) при реализации процесса плющения порошковой проволоки

Процесс деформации в этом случае представляет собой уплотнение порошкового материала в закрытой матрице без трения, при этом величина нормальных контактных и нормальных осевых напряжений определяется соотношениями вида [6]:

$$p_{xizj} = \frac{\sigma_{sxizj}}{3} \cdot \sqrt{(1 + 4\alpha_{xizj}) \cdot \beta_{xizj} / \alpha_{xizj}}; \tag{2}$$

$$\sigma_{xizj} = (1 - 2\alpha_{xizj}) \cdot p_{xizj} / (1 + 4\alpha_{xizj}), \tag{3}$$

где $\alpha_{xizj}, \beta_{xizj}$ – переменные по длине очага деформации коэффициенты, учитывающие специфику прокатки именно порошкового материала;

σ_{sxizj} – текущее значение предела текучести твердой фазы порошковой композиции.

Силу плющения P_{xizj} , приложенную к ij -му элементарному объему, определили следующим образом:

$$P_{xizj} = 2 p_{xizj} \Delta z_{ij} \Delta x_i, \quad (4)$$

Момент M_{xizj} , приложенный к i, j -му элементу:

$$M_{xizj} = 2 P_{xizj} \Delta z_{ij} \Delta x_i x_i. \quad (5)$$

Сила и момент, приложенные к i -му элементарному объему:

$$P_{xi} = \sum_{j=1}^{n_j/2} P_{xizj}; \quad M_{xi} = \sum_{j=1}^{n_j/2} M_{xizj}, \quad (6)$$

где n_j – задаваемое количество разбиений по ширине каждого отдельного поперечного сечения.

Полные сила и момент плющения:

$$P = \sum_{i=1}^{k_i} P_{xi}, \quad M = \sum_{i=1}^{k_i} M_{xi}, \quad (7)$$

где k_i – задаваемое количество разбиений по длине очага деформации.

В качестве примера результатов численной реализации полученной математической модели представлены расчетные распределения основных показателей напряженно-деформированного состояния, имеющего место при изготовлении порошковой плющенной ленты.

Анализ представленных результатов показал следующее. При малых обжатиях порошковой заготовки деформация порошкового сердечника происходит за счёт уплотнения (рис. 2, а). С увеличением обжатия порошковой проволоки уровень максимальных контактных напряжений не изменяется, в тоже время имеется перераспределения нормальных контактных напряжений вдоль очага деформации с увеличением площади эпюры (рис. 2, б).

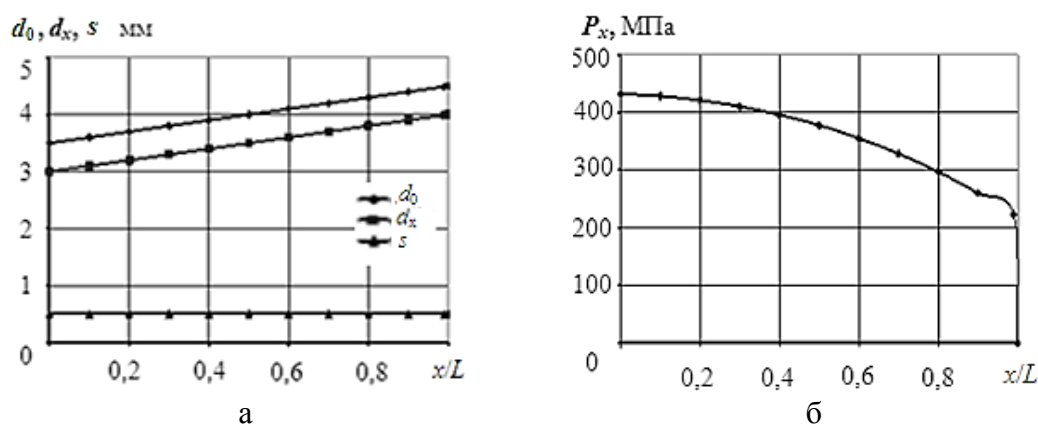


Рис. 2. Расчетные распределения текущих значений геометрических характеристик (диаметров проволоки d_0 , d_x и толщины стенки оболочки s) (а) и нормальных контактных напряжений (P_x) в порошковой заготовке (б) при плющении с относительным обжатием 22 %

В целом, распределения нормальных контактных p_x напряжений, а также относительной плотности сердечника носят довольно сложный характер, определяются целой группой факторов, а это, в свою очередь, подтверждает целесообразность максимально более полного и корректного учета всей совокупности технологических и конструктивных особенностей процесса плющения. Изменение относительной плотности сердечника в зависимости от степени деформации проволоки носит нелинейный характер (рис. 3). Кроме того с увеличением

обжатия интенсивность роста энергосиловых параметров процесса возрастает. Вышеуказанное свидетельствует об актуальности учета максимального количества факторов при проектировании технологических режимов плющения.

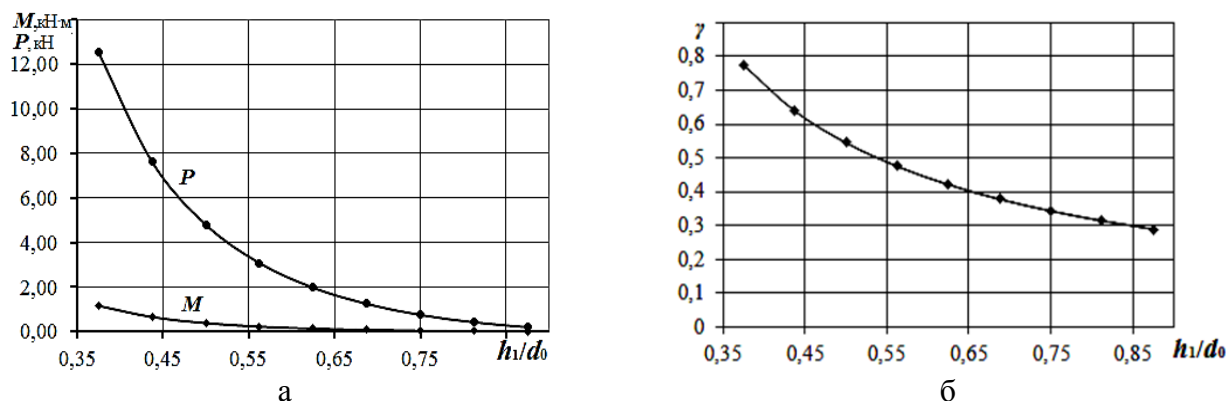


Рис. 3. Расчетные распределения силы, момента (а) и относительной плотности (б) при плющении порошковой заготовки

ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель напряженно-деформированного состояния при плющении порошковой заготовки, которая учитывает реальный характер распределений геометрических параметров, механических свойств и условий контактного трения по длине очага деформации, позволяющая прогнозировать и оптимизировать параметры электродного материала, определяющие эффективность последующих наплавочных операций. Данная модель позволяет осуществлять автоматизированное проектирование технологических режимов, т. е. определять обжатие при заданных значениях конечных размеров порошковой плющеной ленты и относительной плотности порошкообразного сердечника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чумаченко М. Г. Концепція державної промислової політики України / М. Г. Чумаченко. – Донецьк : ІЕП НАН України, 2002. – 424 с.
2. Гаркунов Д. Н. Анализ изнашивания и избирательный перенос при трении / Д. Н. Гаркунов, Г. А. Польцер // *Эффект безызносности и триботехнологии*. – 1992. – № 1. – С. 9–11.
3. Белый В. А. Актуальное направление развития исследований в области трения и изнашивания / В. А. Белый, А. И. Свереденок // *Трение и износ*. – 1987. – Т. 8. – № 1. – С. 5–25.
4. Клименко Ю. В. Электроконтактная наплавка / Ю. В. Клименко. – М. : *Металлургия*, 1988. – 128 с.
5. Черновол М. И. Контактная наварка композиционных покрытий / М. И. Черновол // *Сварочное производство*. – 1991. – № 12. – С. 23–25.
6. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния при прокатке порошковых материалов на металлической подложке / В. Ф. Штибен, Ю. А. Воробьев, Э. П. Грибков // *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : зб. наук. пр.* – Краматорськ : ДДМА, 1998. – С. 123–128.

Грибков Э. П. – канд. техн. наук, доц. кафедры АММ ДГМА;

Бережная Е. В. – канд. техн. наук, ассистент кафедры СП ДГМА;

Данилюк В. А. – аспирант ДГМА;

Махмудов К. Д. – канд. техн. наук, доц., директор Каспийского филиала ДагГТУ.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

ДагГТУ – Дагестанский государственный технический университет, г. Каспийск, Россия.

E-mail: amm@dgma.donetsk.ua

Статья поступила в редакцию 12.02.2012 г.