

## Результаты эксперимента по исследованию применения напорных волок

Характеристика режимов волочения	Усилие волочения со скоростью 0,26 м/с для перехода диаметров проволоки с 2,01 на 1,821 мм, диаметр напорной волоки 2,23 мм, Н	Температура поверхности проволоки, °С
Без напорной волоки	1510	240,7
С напорной волокой	1382	203,6

Анализ таблицы показывает наличие эффекта снижения усилия и температуры поверхности проволоки при применении напорной волоки. Снижение усилия волочения и температуры поверхности проволоки обосновано устойчивой подачей водозмульсионной смазки к деформирующей волоке и снижением коэффициента трения за счет достижения равномерного смазочного слоя с пониженной вязкостью на поверхности проволоки.

В результате проведенных исследований можно сделать следующий вывод: применение напорных волок при мокром волочении проволоки приводит к устойчивой подаче водозмульсионной смазки к деформирующей волоке и созданию равномерного смазочного слоя с пониженной вязкостью на поверхности проволоки, что, в свою очередь, не снижает ее пластичности и не приводит к обрыву проволоки.

## Литература

1. Колмогоров, В. Л. Напряжения. Деформации. Разрушения / В. Л. Колмогоров. – М. : Metallurgy, 1970. – 162 с.
2. Битков, В. В. Технология и машины для производства проволоки / В. В. Битков. – Екатеринбург : УрО РАН, 2004. – 346 с.
3. Колмогоров, В. Л. Гидродинамическая подача смазки / В. Л. Колмогоров, С. И. Орлов, Г. Л. Колмогоров. – М. : Metallurgy, 1975. – 256 с.
4. Инструмент для волочения проволоки : пат. на полез. модель № 7793 Респ. Беларусь, МПК В 21 С 3/00 / М. Н. Верещагин, Ю. Л. Бобарикин, С. И. Прач, С. В. Авсейков ; заявитель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – № и 20110337 ; заявл. 28.04.2011.

УДК 621.792

### АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ ПРИ НАНЕСЕНИИ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ПРОКАТКОЙ

**Н. В. Иноземцева, О. В. Солодкин**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Среди большого многообразия способов нанесения покрытий из порошковых материалов одним из самых производительных и неэнергоёмких способов является совместная прокатка в валках металлической основы в виде полосы и порошкового материала, наносимого на основу покрытия [1], [2]. Для получения надежного соединения покрытия с основой между валками пропускают импульсный электроток, разогревающий межвалковое пространство. Качество получаемого покрытия зависит от величины контактных напряжений и величины температуры в зоне совместной деформации порошка и основы. Поэтому определение этих параметров является достаточно актуальной задачей.

В результате исследований получены зависимости, позволяющие оценивать величину контактных напряжений со стороны порошкового слоя [3]. Дуга контакта вала с порошком условно разделена на три зоны: на первой зоне происходит уплотнение порошка на пластически не деформируемой полосе, где действуют контактные напряжения  $P_1$ ; на второй зоне осуществляется совместная пластическая деформация прокаткой спрессованного порошка и полосы при отстаивании скорости полосы от валков с контактными напряжениями  $P_2$ ; на третьей зоне присутствует состояние, аналогичное второй зоне, но при опережении, этой зоне соответствуют контактные напряжения  $P_3$ . Зависимости имеют вид:

$$P_1 = \beta \left( \frac{h_g \rho_g}{h} \right)^m \left[ \left( \sigma_s + \sigma_c \frac{m-1}{S-m} \right) \left( \frac{h}{h_\phi} \right)^\delta - \sigma_{Tn} \frac{m-1}{\delta-m} \left( \frac{h}{h_\phi} \right)^m \right];$$

$$P_2 = \beta \sigma_{sk} \left( \frac{h_\phi}{h_g} \right)^{\delta_1} + \beta \sigma_n \rho_n^m \frac{m}{m+\delta_1} \left[ \left( \frac{h_n}{h_\phi} \right)^m - \left( \frac{h_n}{h_g} \right)^m \left( \frac{h_\phi}{h_g} \right)^{\delta_1} \right];$$

$$P_3 = \beta \sigma_n \left[ \frac{m}{m-\delta^1} \left( \frac{h_n}{h_\phi} \right)^m - \frac{\delta^1}{m-\delta^1} \left( \frac{h_n}{h_\phi} \right)^{\delta_1} \right];$$

$$\delta = \frac{f + f_1}{2 \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha_p - \alpha_g}{2} \right)}; \quad \delta^1 = \frac{R(f + f^1)}{(h_g - h_n)};$$

$$\sigma_{TC} = \sigma_s + \frac{\rho_g a_m (h - h_g)^n}{2h^n};$$

$$\sigma_{Tn} = \sigma_s + \frac{\rho_n a_m (h_g - h_n)^n}{h^n},$$

где  $h$  – высота насыпки слоя порошка на полосу на входе в валки;  $h_g$  и  $\rho_g$  – высота слоя и плотность порошка в момент начала пластической деформации подложки;  $h_n$  – высота слоя порошкового покрытия;  $\rho_n$  – плотность покрытия;  $\sigma_s$  – предел текучести материала порошка;  $\sigma_{TC}$  – сопротивление деформации порошка после прокатки;  $\sigma_{sk}$  – предел текучести материала полосы;  $m$  – показатель интенсивности уплотнения порошка;  $h_\phi$  – изменяемый параметр, определяющий текущее значение высоты слоя;  $a_m$  и  $n$  – эмпирические коэффициенты для определения сопротивления материала, упрочняемого при наклепе;  $f$  и  $f_1$  – коэффициенты внешнего трения порошка о поверхности вала и полосы;  $\beta$  – коэффициент Луде;  $\alpha_p$  и  $\alpha_g$  – углы, определяющие положение в очаге деформации сечений порошка, высотой  $h$  и  $h_g$  соответственно.

Зависимости для  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  проверены экспериментально путем измерения

усилия прокатки и пересчета этой величины через  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ . Погрешность не превышает 11 %.

Для определения температуры в зоне деформации от действия пропускаемого электротока получена зависимость:

$$T = \frac{I^2 t (\rho_0 (\sqrt{\sigma_m / p} - 1) (1 - T / T_{\text{пл}}) + 2\rho_{\text{ср}} l / s)}{4m\gamma c s \sqrt{at}},$$

где  $I$  – сила тока;  $t$  – время взаимодействия;  $\rho_0$  – удельное электросопротивление материала;  $p$  – давление в очаге деформации;  $\sigma_m$  – предел текучести материала;  $T_{\text{пл}}$  – температура плавления материала;  $l$  – длина дуги контакта с валком;  $S$  – площадь контакта материала с валком;  $\gamma c$  – энтальпия материала;  $\rho_{\text{ср}}$  – среднее удельное электросопротивление материала;  $a$  – коэффициент температуропроводности.

Полученные зависимости позволяют проектировать и интенсифицировать процесс нанесения износостойких защитных и других порошковых покрытий с помощью прокатки порошка и металлической основы.

#### Литература

1. Бобарикин, Ю. Л. Технология нанесения порошковых покрытий на стальную полосу / Ю. Л. Бобарикин и [др.] // Кузнечно-штамповочное производство. – 2003. – № 16. – С. 30–33.
2. Селивончик, Н. В. Анализ условия достижения адгезии между слоями биметалла при плакировании прокаткой / Н. В. Селивончик, Ю. Л. Бобарикин // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2003. – № 1. – С. 29–38.
3. Бобарикин, Ю. Л. Теоретическое определение контактных напряжений при плакировании полос порошковыми материалами / Ю. Л. Бобарикин, Н. И. Стрикель, А. М. Урбанович // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого – 2000. – № 2. – С. 15–24.

УДК 519.87(075.32)

## СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ДИСКРЕТНЫМ И НЕПРЕРЫВНЫМ В ЭВОЛЮЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Л. Л. Великович

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Со времен Галилея описание физического явления считается достоверным, если его факторы выражены числовыми величинами.

*Академик А. А. Самарский*

### Общие понятия. Примеры

С самого начала существования человечества каждый конкретный индивид пытался построить в своей голове правильную картину окружающей действительности, используя для этого необходимые схематизации происходящего. Этот процесс теперь принято называть моделированием. И, конечно, математика при этом всегда играла не последнюю роль. Так, по-видимому, и возник натуральный ряд чисел –