

**ШНУРОВЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, А.Я. Мисурагина

(ВГТУ, г. Витебск)

Прогрессивной ресурсосберегающей технологией является восстановление деталей машин нанесением на изношенные поверхности нового металлического слоя вместо замены всей детали. После такой операции деталь восстанавливает свои размеры и форму, а эксплуатационные свойства ее могут даже улучшиться. Восстановление проводят наплавкой или напылением нового слоя.

Наиболее распространен газотермический метод напыления, при котором материал подают в зону нагрева, диспергируют струей газа и осаждают на обрабатываемой поверхности. В зависимости от источника теплоты различают электродуговую металлизацию, газопламенное, детонационное и плазменное напыление.

В зону нагрева распыляемый материал подают в виде проволоки, порошка или специально изготовленного порошкового шнура. Последний способ наиболее универсален и постепенно вытесняет остальные. Порошковый шнур представляет собой органическую связку, заправленную частицами необходимого для напыления материала. При распылении органика сгорает, а частицы наполнителя попадают на восстанавливаемую поверхность, упрочняя ее.

Порошковые шнуровые материалы формируют методами, основанными на экструзии: мундштучным или шнековым прессованием, а также с использованием специализированных устройств. Из последних наибольшее распространение получили устройства, реализующие т. н. conform-метод, при котором порошковый материал уплотняется в канале вращающегося диска, прижатого неподвижным башмаком, под действием сил трения.

К сожалению, подавляющее большинство технологий изготовления шнуровых материалов зарубежного происхождения и защищены патентами. На Белааруси промышленное производство порошковых шнуров отсутствует, приходится их покупать по высоким ценам. В странах ближнего зарубежья есть только одно Российско-Французское совместное предприятие "Технокорд", производящее конкурентоспособную продукцию.

В то же время на кафедре МТВПО ВГТУ создана солидная научная база, способная при соответствующей поддержке стать основой для создания производства отечественных шнуровых порошковых материалов. Разработаны оригинальные технологии изготовления шнуров, в основе которых лежат защищенные способы формования [1–2]. Получены авторские свидетельства [3–4] на устройства для реализации этих способов. Основные направления исследований и достижения кратко изложены ниже.

**Теория.** Проведен теоретический анализ процесса формования порошковых шнуров на шнековом прессе. Установлено, что длина  $z_0$  канала шнека, необходимая для формования качественных изделий, определяется соотношением

$$z_0 = d \ln \frac{(p_0 - e)(f - \rho g H)}{(f - p_0)(\rho g H - e)} \quad (1)$$

где  $p_0$  — давление, необходимое для выдавливания материала;

$\rho$  — плотность материала;

$g$  — ускорение свободного падения;

$H$  — глубина канала;

$e$  и  $f$  — корни квадратного уравнения  $a + bp + cp^2 = 0$ ;  $d = \frac{1}{2c} \sqrt{\frac{b^2}{4c^2} - \frac{a}{c}}$ .

Построена математическая модель, позволяющая рассчитать по заданному напряженному состоянию (связанному с распределением плотности в материале) необходимый профиль канала. В основе модели лежит экспериментально найденный и теоретически обоснованный параболический закон трения

$$\tau = a + bp + cp^2 \quad (2)$$

где  $\tau$  — касательные напряжения на поверхности трения;

$p$  — давление материала на эту поверхность;

$a$  и  $b$  — эмпирические коэффициенты, характеризующие триботехнические свойства материала.

Задача расчета профиля сводится к решению интегро-дифференциального уравнения

$$\tau_0 x_0 = \tau(y) x(y) + \tau_0 x_0 \frac{l}{L} \quad (3)$$

где

$$l = \int_0^y \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2} dy; \quad L = \int_0^H \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2} dy + x(H) \quad (4)$$

Результаты расчетов двух профилей и соответствующие им распределения касательных напряжений в материале изображены на рис. 1.

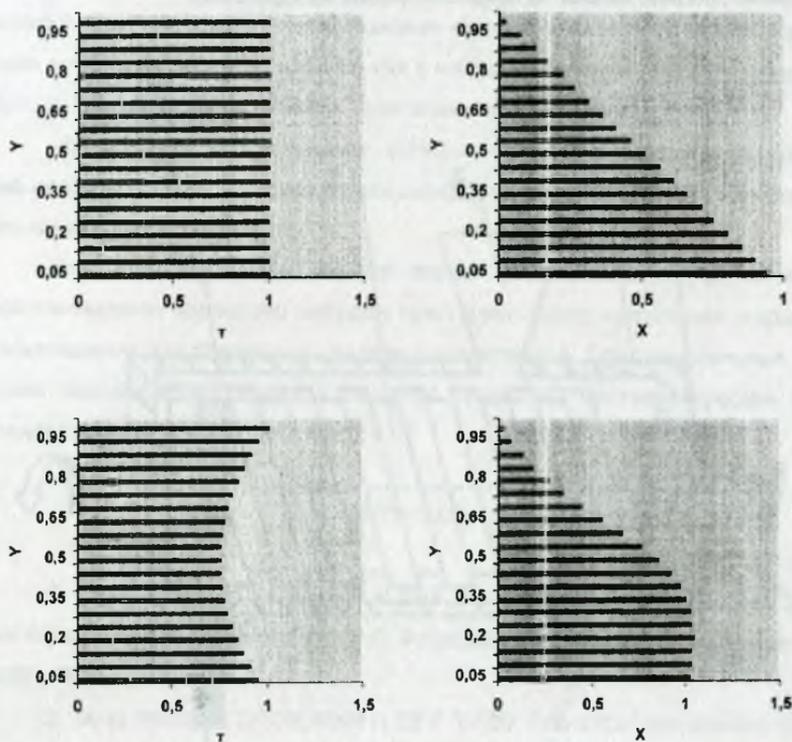


Рис. 1. Формы каналов шнека (X) и соответствующие им напряжения (tau).

**Технология.** Разработана технология изготовления порошковых шнуров, заключающаяся в приготовлении органического связующего, заправке в него необходимых для напыления порошков, шнековом формовании шнура и его сушке.

В процессе патентования находится состав связующего для шнуровых материалов, по предварительным исследованиям не уступающий лучшим импортным материалам.

Предложена новая схема шнекового формования (рис. 2), наиболее подходящая для изготовления шнуровых материалов. Особенностью схемы является снятие шнура непосредственно с канала шнека, без деформации материала в конической матрице. Это позволяет сохранить полученное в канале шнека распределение плотностей, а также снизить материалоемкость прессующего устройства и энергоемкость процесса формования. На устройство, реализующее эту схему формования, подана заявка на предполагаемое изобретение.

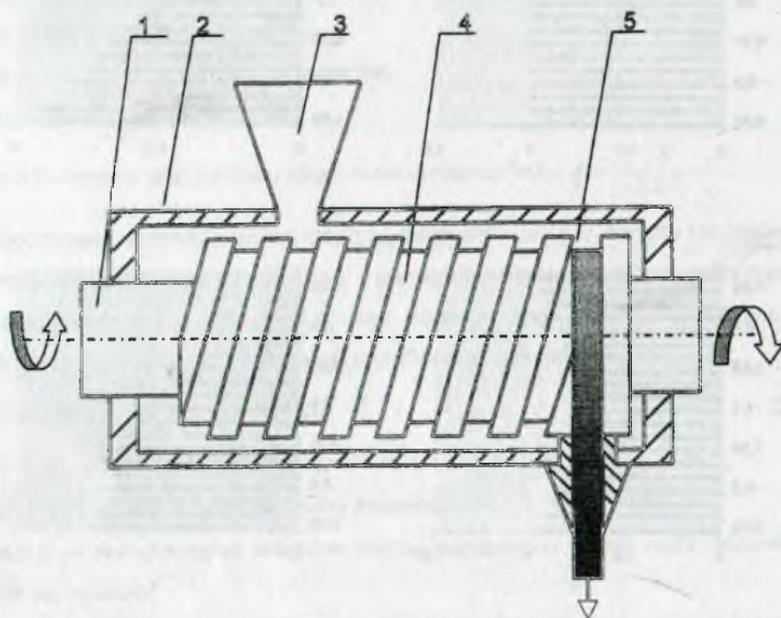


Рис. 2. Схема формования порошковых шнуров.

Вращающийся шнек 1, установленный в неподвижном цилиндрическом корпусе 2, захватывает пластифицированный порошковый материал из бункера 3. Уплотняясь в винтовом канале 4 шнека, материал перемещается к его последнему витку 5, который, в отличие от всех других витков, имеет форму кольца. На боковой поверхности цилиндрического корпуса установлен мундштук. Пластичный материал, проходя по кольцевому витку, попадает в очко мундштука и превращается в шнур.

Практические достижения. Изготовлена установка для экструзии порошковых шнуров, реализующая описанную схему. Установка представляет собой шнековый пресс, оснащенный необходимым формующим инструментом. Предусмотрена возможность снятия изделия как в направлении прессования (традиционный метод), так и непосредственно с канала шнека (новая схема).

Изготовлена партия шнуров, успешно прошедшая промышленные испытания на Витебском мотороремонтном заводе; от внедрения этой разработки получен экономический эффект.

Получена экспериментальная партия восстановленных деталей машин. Восстановление проведено методом газотермического напыления покрытия с использованием изготовленных шнуровых материалов. Предварительные исследования подтверждают высокое качество покрытий, соответствующее мировым стандартам.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. А. с. 1219253 СССР, МКИ В 22 F 3 / 20. Способ непрерывного формования порошков / С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин // БИ. – 1986. – № 11.
2. А. с. 1400779 СССР, МКИ В 22 F 3 / 20. Способ непрерывного формования порошка / С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.В. Пятов // БИ. – 1988. – № 21.
3. А. с. 1623836 СССР, МКИ В 22 F 3 / 20. Устройство для непрерывного формования изделий из порошков / С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, А.С. Шандриков, В.В. Савицкий // БИ. – 1991. – № 4.
4. А. с. 1683235 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для непрерывного прессования порошков / В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, И.С. Алексеев, К.С. Матвеев, А.Н. Красновский // Не подлежит опубликованию в открытой печати.