

2. Баханович А.Г. Повышение долговечности приводных зубчатых ремней методом оптимизации параметров технологического процесса производства // Вестник БНТУ, 2006, №1. – С.38-42.
3. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.  
UDC 621.85.052

#### SUMMARY

The developed designs of industrial equipment of operations of winding of a carrying layer and cutting of preparation on finished articles of technological process of manufacture of drive toothed belts are presented. The device for winding provides the set level of a tension of a carrying layer, uniformity of loading of its separate coils, length of a belt. It leads to increase of carrying ability and reliability of belts. The device for cutting provides the set width of belts.

УДК 621.762.4

### КРИТЕРИЙ ТОНКОСТЕННОСТИ ПОРОШКОВЫХ ТРУБ

**В.В. Савицкий, В.В. Пятов**

Методы порошковой металлургии широко применяются для изготовления деталей различного назначения, например, пористых труб, изделий сложного профиля, порошковой проволоки для процессов восстановления деталей машин, фрикционных и антифрикционных изделий и т.п. Используются как циклические, так и непрерывные методы изготовления (различные виды прессования, включая мундштучное, прокатка порошков, формование шнеком).

Большие потребности в проницаемых трубах испытывает машиностроение, авиационная, химическая, нефтяная, металлургическая и другие отрасли промышленности. Пористые трубы получают из металлов и керамики спеканием свободных насыпок порошков, гидро- и изостатическим прессованием, одно- и двухсторонним прессованием в пресс-формах, прокаткой и экструзией [1]. В качестве исходных материалов используются порошки бронзы, нержавеющей стали, титана и других металлов. Проницаемые трубы применяются в качестве фильтрующих элементов в фильтрах тонкой очистки жидкостей и газов от примесей, в теплообменниках, аэраторах, глушителях шума, пламепреградителях [2]. Для придания формуемому материалу необходимой пластичности и получения высокой проницаемости изделия порошок обычно смешивают с органическим пластификатором-порообразователем [3]. Пластификатор препятствует деформированию частиц порошка при формовании и способствует образованию проницаемой пористой структуры.

Часто в технических условиях на проницаемый элемент требуют изготовить трубу с очень малой толщиной стенки. Такие изделия обладают рядом преимуществ: они легче регенерируются (и, соответственно, дольше служат), меньше сопротивляются потоку жидкости или газа, имеют небольшую массу и низкую материалоемкость [4]. Кроме этого снижаются затраты на приобретение порошков, которые в республике не производятся, а ввозятся из-за рубежа. Изготовление тонкостенных проницаемых труб, обладающих достаточной прочностью, является сложной технической задачей, при решении которой необходимо выбрать подходящий порошок и пластификатор, метод формования полученной смеси и способ спекания пластифицированных прессовок.

В результате научных исследований, проведенных на кафедре «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», разработана и освоена на промышленном предприятии технология изготовления пористых тонкостенных проницаемых труб [ ]. Она заключается в дозированной пластификации выбранного

порошка, формовании тонкостенной заготовки экструзией полученной смеси на шнековом прессе, удалении пластификатора и спекании изделия.

Однако до сих пор нет четкого ответа на такие принципиальные вопросы, какую трубу вообще считать тонкостенной? Возможно ли найти численный критерий тонкостенности, имеющий физический или технический смысл? Поиску ответов на эти вопросы и посвящено небольшое теоретическое исследование, описанное в настоящей статье.

Обычно в технической литературе по сопротивлению материалов, теории упругости и строительной механике к тонким относят цилиндрические стержни, у которых 3 основных размера выражаются величиной различного порядка. Тонкостенными конструкциями, сооружаемыми в строительстве, считаются конструкции, у которых толщина намного меньше по сравнению с другими размерами. К ним относятся купола, оболочки, складки и т.п. [6] Численное значение критерия тонкостенности определено лишь в прокатке применительно к листовому материалу; тонкими почему-то считаются листы толщиной не более 4 мм [7]. Известны также попытки вывести критерий тонкостенности, основанный на понятии регулярности пористой структуры. Авторы этого подхода пришли к выводу, что тонкостенными в зависимости от гранулометрического состава порошка следует считать пористые слои толщиной до 5 мм [8]. В другой работе, посвященной исследованию покрытий на внутренней поверхности тепловой трубы, отмечается, что тонкими следует считать покрытия толщиной не более 2 мм. Такие ответы на поставленные вопросы нельзя признать удовлетворительными, а обоснование указанных численных величин — убедительным.

Мы предлагаем другой подход к определению понятия тонкостенности порошковой трубы, основанный на механических свойствах пластифицированного порошка. Обычно технические трудности при формовании трубы начинаются тогда, когда прочности тонкой стенки становится недостаточно для самостоятельного поддержания формы полученной заготовкой. Труба при этом начинает деформироваться под собственным весом. Схема, позволяющая рассчитать критическую толщину стенки по механическим свойствам формируемого материала, изображена на рис. 1.

Заготовка 1 выдавливается на приемный желоб 2, охватывающий ее по наружному диаметру.

В этом случае опасным будет диаметрально сечение трубы, и условие пластичности имеет вид

$$\sigma_{11} - \sigma_{33} < k \cdot \sigma_T, \quad (1)$$

где  $\sigma_{11}$  — сжимающее напряжение от веса верхней части трубы, действующее в рассматриваемом сечении;

$\sigma_{33}$  — минимальное главное напряжение;

$\sigma_T$  — предел текучести материала заготовки;

$k$  — коэффициент пропорциональности.

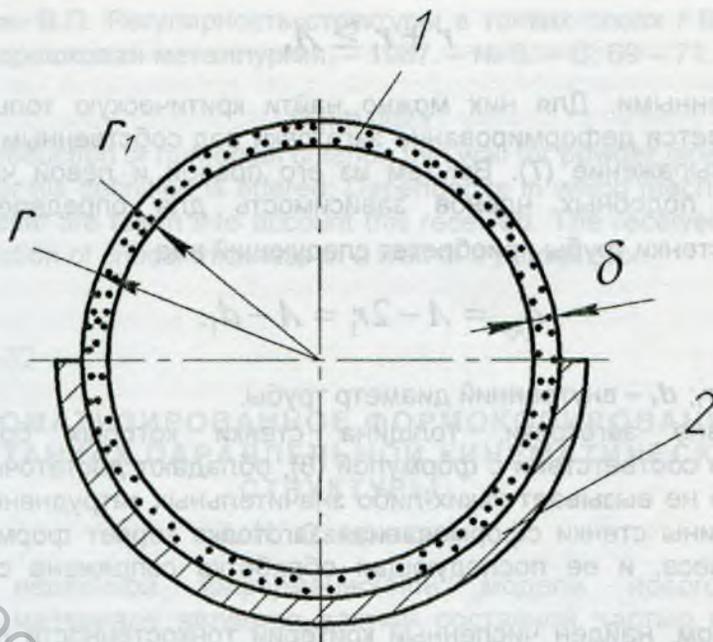


Рисунок 1 – Расчетная схема для определения критерия тонкостенности

В простейшем случае  $k = 1$ ;  $\sigma_{33} = 0$ . Определим напряжение, действующее в опасном сечении

$$\sigma_{11} = \frac{P}{S} = \frac{\pi \rho g}{4} (r + r_1) < \sigma_T \quad (2)$$

где  $P$  – вес верхней части трубы;

$S$  – площадь опасного сечения;

$\rho$  – плотность материала заготовки;

$g$  – ускорение свободного падения;

$r$  и  $r_1$  – соответственно наружный и внутренний радиусы цилиндрической заготовки.

Обозначим постоянную величину, зависящую от механических свойств материала,

$$\frac{4\sigma_T}{\pi \rho g} = A. \quad (3)$$

Тогда неравенство (2) примет следующий вид

$$r + r_1 < A. \quad (4)$$

Из неравенства (4) для крупногабаритных труб получим выражение

$$r_1 > \frac{1}{2} A, \quad (5)$$

для труб малого поперечного сечения, например, капилляров, имеем

$$r < \frac{1}{2} A. \quad (6)$$

Такие изделия не деформируются под собственным весом.

Трубы, для которых

$$r + r_1 \geq A, \quad (7)$$

будут тонкостенными. Для них можно найти критическую толщину стенки, при которой начинается деформирование заготовки под собственным весом. Для этого преобразуем выражение (7). Вычтем из его правой и левой части  $r_1$  и после суммирования подобных членов зависимость для определения критической толщины  $\delta_{кр}$  стенки трубы приобретет следующий вид

$$\delta_{кр} = A - 2r_1 = A - d_1. \quad (8)$$

где  $\delta_{кр} = r - r_1$ ;  $d_1$  – внутренний диаметр трубы.

Следовательно заготовки, толщина стенки которых больше значений, рассчитанных в соответствии с формулой (8), обладают достаточной прочностью и их формование не вызывает каких-либо значительных затруднений. При меньшем значении толщины стенки сформованная заготовка теряет форму под действием собственного веса, и ее последующая обработка сопряжена с определенными трудностями.

Таким образом, найден численный критерий тонкостенности порошковых труб, основанный на механических свойствах формуемых материалов и геометрии трубы.

Полученный результат может быть использован для разработки методик экспериментального определения некоторых свойств пластифицированных порошков косвенными методами, поскольку методик непосредственного определения этих характеристик пока не существует.

Так, зависимость предела текучести от температуры формуемой смеси для изделий с определенной толщиной стенки можно определить следующим образом. Из пластифицированного материала экструзией изготавливают партию труб одинакового диаметра с разной толщиной стенки. Полученные изделия помещают в термошкаф и нагревают. Отмечают температуру, при которой заготовки теряют форму. Используя приведенную выше зависимость, рассчитывают величину предела текучести для материала каждой трубы.

#### Список использованных источников

1. Белов, С.В. Пористые металлы в машиностроении / С.В. Белов. – Москва : Машиностроение, 1981. – 247 с. : ил.
2. Либенсон, Г.А. Производство порошковых изделий : Учебник для техникумов / Г.А. Либенсон. – Москва : Металлургия, 1990. – 240 с. : ил.
3. Кипарисов, С.С., Либенсон, Г.А. Порошковая металлургия : Учебник для техникумов / С.С. Кипарисов, Г.А. Либенсон. – Москва : Металлургия, 1991. – 432 с. : ил.
4. Витязь, П.А., Капцевич, В.М., Шелег, В.К. Пористые порошковые материалы и изделия из них / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег. – Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 164 с.
5. Усовершенствовать технологию формования длинномерных пористых материалов и изготовить опытно-промышленную установку и разработать технологию формования порошковой проволоки : отчет о НИР № 137 / Витебск. технол. ин-т легк. пром. ; рук. Клименков С.С. : испол. Савицкий В.В. [и др.]. – Витебск, 1986. – Кн.1. – С. 1 – 88; Кн.2. – С. 89 – 166; Кн.3. – С. 166 – 237; Кн.4. – С. 1 – 20. – № ГР 01.85.0025943 – ВИНТИ. – Инв. № 02.87.0 045753.
6. Большой энциклопедический словарь : политехнический / гл. ред. А. Ю. Ишлинский. – Москва : Изд-во «Большая Российская энциклопедия», 2000. – 656 с. : ил.
7. Полухин, П.И. Технология металлов и сварка / П.И. Полухин [и др.]. – Москва : Высшая школа, 1976. – 465 с. : ил.

#### SUMMARY

Necessity of introduction of numerical criterion thin wall for powder pipes is proved. The settlement sham for his definition is offered. Dependence in which mechanical properties of plasticized material are taken into account this received. The received dependence is intended for calculation of critical thickness of a wall of a porous pipe.

УДК 621.914.3-52

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМОКОПИРОВАНИЕ НА СТАНКАХ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Д.Н. Свирский

Воплощение первичной информационной модели нового изделия в конструкционном материале является важной составной частью промышленного формообразования [1]. В настоящее время указанный процесс формокопирования часто осуществляется механической обработкой заготовок на металлорежущих станках. Известно, что основу кинематики резания составляют реализованные в виде линий резания а) геометрическая форма режущих кромок инструмента и б) результирующая траектория рабочих движений исполнительных органов, несущих инструмент и заготовку [2]. В работе [3] впервые была предпринята попытка раздельного рассмотрения методов геометрического формообразования и резания, и специально подчеркивалось, что первые служат теоретической базой для вторых. Там же дана характеристика метода формообразования обработкой резанием на основе связи производящих линий режущей части инструмента и движений исполнительных органов станка. Однако производящие линии инструмента связываются с реальными режущими кромками, а производящие линии исполнительных движений – с проекциями результирующего движения на координатные плоскости. В этой ситуации автором статьи [4] предлагается в качестве идентификатора связи и различия методов геометрического формообразования и обработки резанием принять материальную точку режущей кромки инструмента – точку контактного взаимодействия заготовки и инструмента (станка). Здесь же показано, что контакт инструмента и заготовки по линии не обладает инвариантными свойствами точечного контакта, т.к. например, реальная режущая кромка фрезы воплощена в виде винтовой линии, однако образующая цилиндрической поверхности как компонента геометрического формообразования фрезерованием отображается в виде плоской линии – прямой. Таким образом, принципиальной особенностью самого общего метода формообразования поверхностей резанием – метода следа – является одновременное генерирование образующих и направляющих линий путем движения их общей точки, которая является также точкой, характеризующей контакт заготовки и инструмента (рис. 1а).

Формокопирование резанием осуществляется на основе той или иной схемы распределения рабочих движений исполнительных органов, несущих заготовку и инструмент. В структуре формообразующих движений различают простые и сложные рабочие движения исполнительных органов. В станках традиционной кинематической и компоновочной структуры любое сколь угодно сложное движение реализуется суперпозицией нескольких простых «плоских» движений (рис. 1б), которые: «1) совершаются вдоль или вокруг координатных осей по прямой или окружности соответственно; 2) принадлежат только какому-либо одному исполнительному органу и 3) не могут быть далее разложены на составные, выполняемые одновременно» [4]. Траектории таких простых движений заложены в конструкции станка (рис. 1в) как «эталонные геометрической информации» [6],