

5. Махаринский, Е. И. Методика синтеза индивидуальных технологических процессов изготовления корпусных деталей машин / Е. И. Махаринский, Н. В. Беляков // Вестник машиностроения, №2, 2005. – С. 57–65.
6. Беляков Н. В. Формализация синтеза технологических процессов механической обработки заготовок корпусных деталей машин / Н. В. Беляков // Материалы, технологии, инструменты, 2006, № 3. – С. 100-107.
7. Беляков Н. В. Погрешность теоретической схемы установки // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Девятый выпуск / Н. В. Беляков, Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский. – Витебск : УО «ВГТУ» 2005. – С. 72 – 77.
8. Беляков Н. В. Синтез схем установки заготовок корпусных деталей машин / Н. В. Беляков, Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский // Машиностроение: сб. научн. трудов. Вып. 18 ; под ред. И. П. Филонова.– Минск : УП «Технопринт», 2002.– с. 98-104.

#### SUMMARY

Are explained to a fundamentals of use of positions of the theory of referencing at creation CAD/CAM of machining job of case-shaped parts. The method of the formalized synthesis of constructive - technological models of case-shaped parts is circumscribed. Methods of the formalized synthesis of packages of technological bases, about execution of transitions inside stages of the standard scheme of machining job, a choice of the equipment are developed. The method of destination of an aspect of components of a package of technological bases, and also structure of components of the theoretical scheme of setting is developed. The program- methodical complex for projection of technological processes of machining job of case-shaped parts is developed.

УДК 621.762.4

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ ИЗ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ

*В.В. Савицкий*

Пористые проницаемые трубы из порошков бронзы, нержавеющей стали, титана, керамики используются в машиностроении, авиационной, нефтяной, металлургической, химической и других отраслях промышленности. Их получают спеканием свободно насыпанных порошков, гидро- и изостатическим прессованием, одно- и двухсторонним прессованием в пресс-формах, прокаткой и экструзией [1–2]. Наиболее перспективными являются методы непрерывного формования труб, обеспечивающие высокую степень автоматизации производства и большую производительность. Для улучшения технологических характеристик порошки смешивают со связующими и пластифицирующими добавками. Использование пластификаторов позволяет формировать изделия даже из хрупких и трудно прессуемых порошков. В качестве пластифицирующих добавок применяют парафин, раствор синтетического каучука в бензине, растворы поливинилового спирта в воде и некоторые другие [3].

Технологии непрерывного шнекового формования труб из пластифицированных порошков достаточно детально разработаны [4–5]. Типовая технология включает операции пластификации порошка, подготовки смеси к формованию, формования заготовок, удаления пластификатора и спекания изделий. В качестве пластификатора часто используют парафин, обладающий хорошими связующими, пластифицирующими, смазывающими свойствами, высокой химической инертностью. Парафин в расплавленном виде хорошо перемешивается с



порошками, легко переходит в засыпку при удалении пластификатора и спекании заготовок, дешев, недефицитен [3].

Особенно точно необходимо соблюдать технологию при формировании тонкостенных труб, применяемых в фильтрующих и теплообменных устройствах.

Критерий тонкостенности, полученный на основе механических свойств формируемого материала и технологических особенностей процесса изготовления труб, приведен в [6]. При их изготовлении используют высокопластичные материалы, содержащие 40 % объема пластификатора. Прессовки, получаемые из таких материалов, имеют низкую прочность и деформируются под собственным весом.

Для организации процесса формирования тонкостенных труб предлагается следующая технология, последовательность выполнения операций которой представлена на рисунке 1.

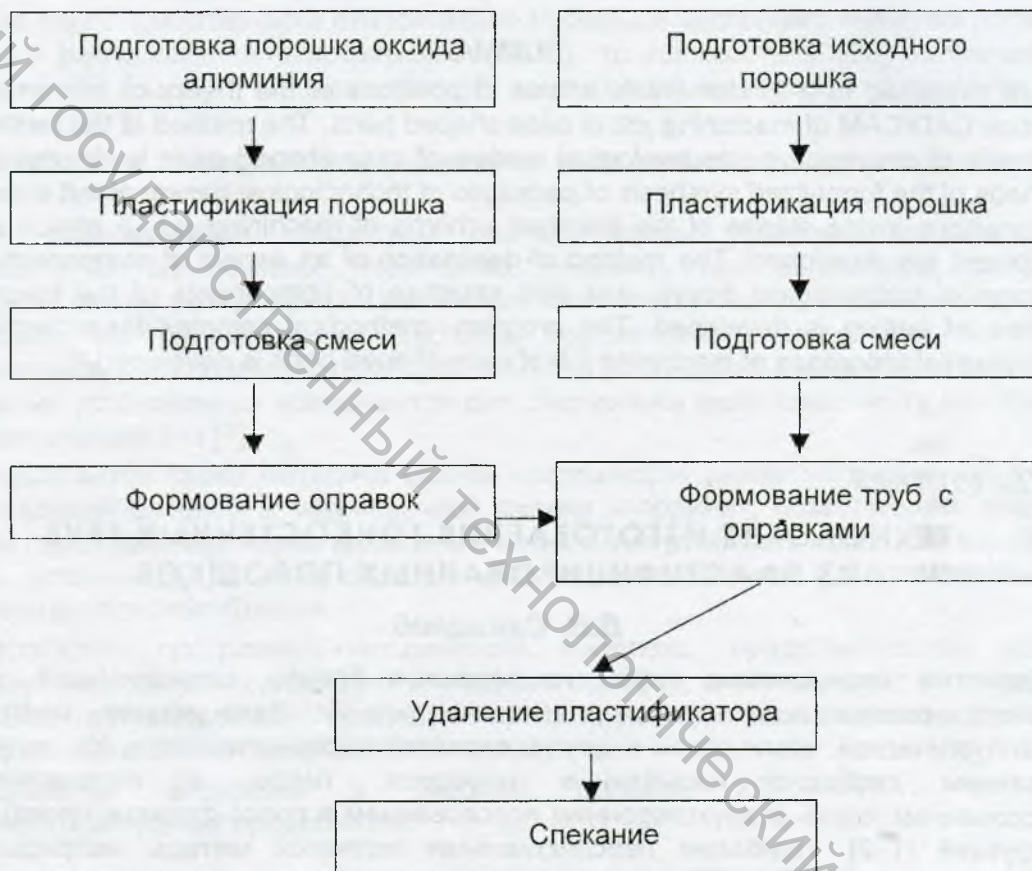


Рисунок 1 – Технологическая схема получения тонкостенных труб

Некоторые операции типовой технологии требуют детализации, например, на стадии подготовки порошка. После выполнения указанной операции добиваются равномерного распределения пластификатора в объеме порошка, т.е. проводят его гомогенизацию. Для выполнения операции пластифицированный порошок многократно продавливается через многоканальную фильеру. Степень радиального обжатия при выполнении гомогенизации должна быть не менее 90 – 92 %.

Качество гомогенизации косвенно оценивают по давлению истечения подготовленной смеси. На рисунке 2 приведен график, на котором отображена зависимость величины давления истечения от числа продавливаний порошков с парафином через мундштук вискозиметра. Проведенные экспериментальные исследования показывают, что после пятого продавливания давление истечения

постепенно уменьшается по сравнению с первым продавливанием в 2 – 4 раза и для пластифицированных порошков железа, нержавеющей стали, меди, бронзы стабилизируется до значений 18 – 25 МПа. После гомогенизации порошковый материал измельчается с помощью дробилки на гранулы размером 3 – 5 мм, благодаря чему улучшаются условия заполнения витков шнека материалом в зоне загрузочного бункера.

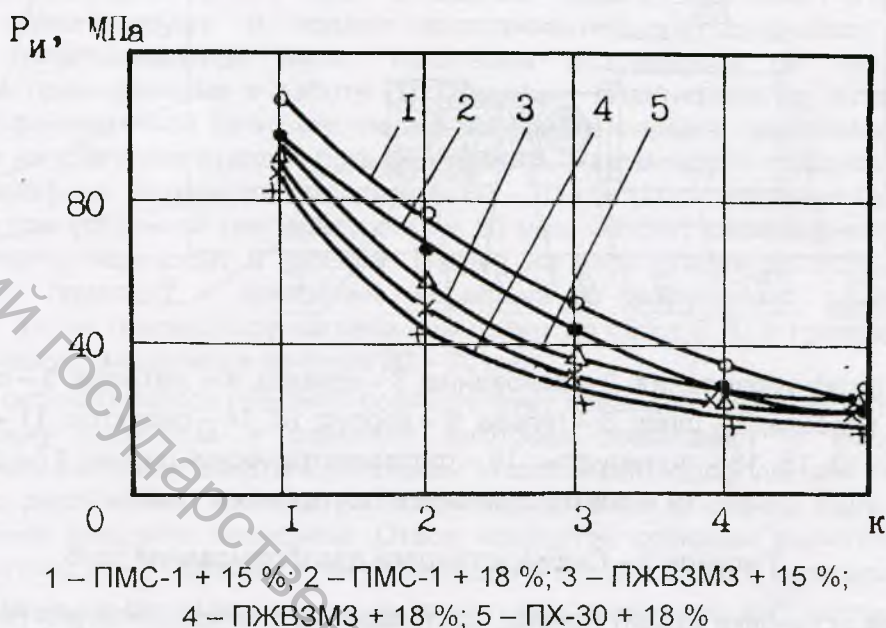


Рисунок 2 – Зависимость давления истечения от числа продавливаний смесей порошков с парафином через мундштук вискозиметра (степень обжатия 92 %)

Отличительной особенностью разработанной технологии являются операции, в результате выполнения которых осуществляется подготовка порошка оксида алюминия, его пластификация, подготовка смеси, формование оправок, наружный диаметр которых равен внутреннему диаметру пористой трубы, и совместная экструзия трубы с полученной оправкой. Окись алюминия мелких фракций широко используется в порошковой металлургии в качестве засыпки для спекания пластифицированных заготовок благодаря инертности по отношению к порошкам исходных материалов и хорошим капиллярным свойствам.

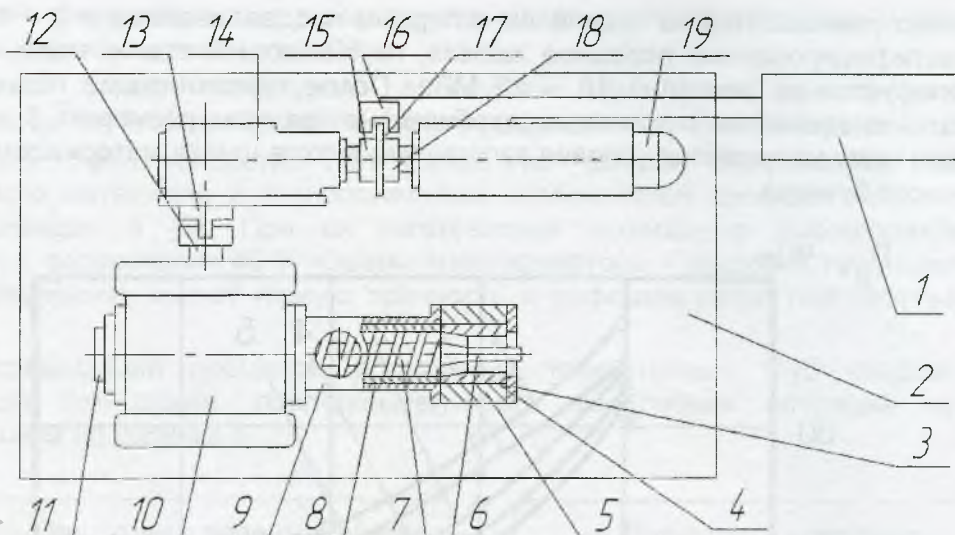
Количество пластификатора, обеспечивающее возможность осуществления холодной экструзии порошка окиси алюминия, определяют в соответствии с зависимостью, приведенной в работе [3].

Далее проводят подготовку смеси к формованию. С помощью капиллярного вискозиметра определяют давление истечения, величина которого не должна превышать 60 – 65 МПа. При гомогенизации наблюдается повышение температуры формуемого порошка с 20 – 22 °С до 32 – 35 °С, что дополнительно повышает пластичность.

Затем выполняют операцию формования оправок из пластифицированной окиси алюминия. В качестве оборудования для изготовления оправок используют шнековый пресс с матрицей соответствующего размера либо капиллярный вискозиметр с мундштуком определенного диаметра и гидравлический пресс. Размер отверстия формирующего инструмента рассчитывается с учетом последующей усадки оправки при спекании.

Для выполнения совместной экструзии труб с оправками используют оборудование, конструкции которого приведены в работах [8–9]. На рисунке 3 показана схема установки для формования тонкостенных труб.





- 1 – шкаф управления; 2 – основание; 3 – крышка; 4 – матрица; 5 – стакан;  
 6 – оправка; 7 – шнек; 8 – гильза; 9 – корпус; 10, 14 – редуктор; 11 – диск;  
 12, 13, 15, 18 – полумуфты; 16 – фотоэлектрический датчик; 17 – диск;  
 19 – электродвигатель постоянного тока

Рисунок 3 – Схема установки для формования труб

В состав установки входит привод, состоящий из электродвигателя постоянного тока и редукторов, корпус с размещенным в нем шнеком, матрица и шкаф управления. Частоту вращения двигателя постоянного тока регулируют с помощью тиристорного преобразователя и контролируют по тахометру.

Перед началом работы проводят подготовку оборудования. Для этого подбирают шнек с центральным отверстием соответствующего размера и на его торце закрепляют насадку с отверстием, диаметр которого равен наружному диаметру оправки. Через отверстие в шнеке и насадке в зону экструзии труб подают оправки, сформованные на предыдущей операции. Шнек устанавливают внутри корпуса, к торцу которого крепят матрицу. Диаметр отверстия матрицы рассчитывают с учетом последующей усадки заготовки при спекании.

Подачу оправок в зону формования через отверстие в шнеке упрощают и реализуют следующим образом. Матрицу устанавливают под углом к шнеку в специальную угловую головку, в которой выполнено отверстие по диаметру, равное диаметру оправки. В этом случае процесс подачи оправок легко автоматизируется.

Перед включением экструдера подогревают корпус, шнек и матрицу до температуры 32 – 35 °С, соответствующей оптимальной рабочей температуре в зоне формования. Для этого используют накладные кольцевые нагревательные элементы. Температуру нагрева контролируют с помощью контактного термометра. Предварительный подогрев сокращает время, необходимое для выхода экструдера на установившийся режим работы. Формование начинают и без предварительного подогрева, поскольку из-за трения порошка о поверхность шнека и корпуса происходит достаточно быстрый разогрев частей экструдера. Однако процесс формования в начальный момент (10 – 15 минут) протекает при значительно больших силовых затратах, чем после подогрева.

Оптимальный температурный режим поддерживают в процессе экструзии заготовок. Для этого рассчитывают в соответствии с зависимостью, приведенной в работе [9], диапазон частоты вращения шнека, при которой выделяющееся за счет трения тепло обеспечивает установившийся режим формования. Регулирование



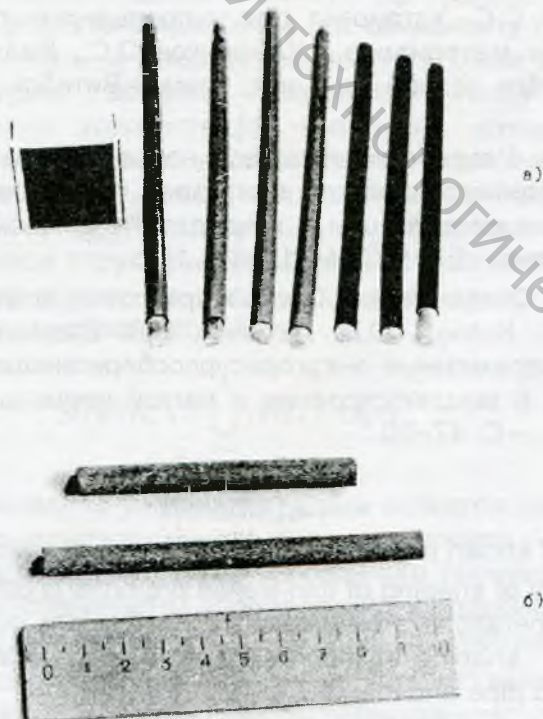
частоты вращения в заданных пределах обеспечивают с помощью тиристорного преобразователя.

После подготовки оборудования производят формование труб совместно с оправками, их резку на мерные части, отгонку пластификатора и спекание заготовок.

Перед удалением пластификатора заготовку на оправке помещают на лодочку в засыпку из мелкодисперсной окиси алюминия. Лодочку переносят в контейнер, который герметизируют, и подают восстановительную атмосферу. Процесс удаления пластификатора имеет некоторые особенности по сравнению с режимами, приведенными в работе [3]. Поскольку пластификатор содержится не только в сформованной заготовке, но и в материале оправки, увеличивают объем засыпки и на удаление отводят больше времени. Рекомендуют следующий режим отгонки парафина. Нагрев до температуры  $60 - 70 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  со скоростью  $150 \text{ }^\circ\text{C}/\text{час}$  и выдержка при указанной температуре  $45 - 50$  мин. За счет капиллярного эффекта пластификатор переходит в засыпку. Нагрев на этой стадии до более высоких температур приводит к вскипанию парафина и разрушению сформованной заготовки. Затем температуру нагрева повышают до  $120 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  и проводят вторую изотермическую выдержку в течение  $20 - 30$  мин.

Режим окончательного спекания соответствует приведенному в работе [10]. При этом отгонку парафина и спекание заготовок совмещают и выполняют с увеличенным расходом восстановительной атмосферы (водорода) для того, чтобы к моменту достижения температуры спекания из зоны спекания были удалены газообразные продукты парафина. Отвод продуктов спекания выполняют через водяной затвор для отделения пластификатора и его повторного использования.

Использование приведенной выше технологии позволило изготовить опытную партию тонкостенных труб из порошков бронзы и никеля. Образцы заготовок после формования и спекания показаны на рисунке 4.



а) – на оправках из пластифицированной окиси алюминия;  
б) – после спекания

Рисунок 4 – Заготовки из порошка бронзы

#### Список использованных источников

1. Либенсон, Г.А. Производство порошковых изделий : Учебник для техникумов / Г.А. Либенсон. – Москва : Metallurgy, 1990. – 240 с. : ил.
2. Кипарисов, С.С. Порошковая металлургия : Учебник для техникумов / С.С. Кипарисов, Г.А. Либенсон. – Москва : Metallurgy, 1991. – 432 с. : ил.
3. Пятов, В.В. Пластификация порошковых материалов, формуемых экструзией / В.В. Пятов, А.С. Ковчур, О.Н. Ахтанин, В.В. Савицкий // Сборник научных статей «Современные энергоресурсосберегающие и экологобезопасные технологии в машиностроении и легкой промышленности». – Витебск : ВГТУ, 1998. – С. 42–46.
4. Клименков, С.С. Теория и технология экструдирования реологических порошковых композиций методом шнекового прессования, создание оборудования и внедрение в народное хозяйство : автореферат диссертации ... докт. техн. наук : 05.16.06 / С.С. Клименков. – Минск : БРНПОПМ, 1991. – 34 с.
5. Пятов, В.В. Теоретические и технологические основы экструзии пластифицированных порошков : автореферат диссертации ... докт. техн. наук : 05.16.06 / В.В. Пятов. – Минск : БГНПКПМ, 2005. – 44 с.
6. Савицкий, В.В. Критерий тонкостенности порошковых труб / В.В. Савицкий, В.В. Пятов // Вестник учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» ; Одиннадцатый выпуск. – Витебск : УО «ВГТУ», 2006. – С. 65–69.
7. Степаненко, А.В. Шнековый экструдер для непрерывного формования длинномерных изделий из порошковых материалов / Степаненко А.В., Клименков С.С., Савицкий В.В. // Витебск. технол. ин-т легк. пром-сти. – Витебск, 1986. – 10 с. – Деп. в ВИНТИ № 3573-чм. – 1986. – №12. – С. 175.
8. Клименков, С.С. Установка для непрерывного формования изделий из порошковых материалов / Клименков С.С., Райхельсон Г.Р., Савицкий В.В. // Витебск. технол. ин-т легк. пром. – Витебск : ЦНТИ, 1987. – № 87–8. – 4с.
9. Пятов, В.В. Разработка процесса непрерывного формования пористых изделий сложного профиля экструзией порошков на шнековом прессе : автореферат диссертации ... кандидата технических наук : 05.16.06 / В.В. Пятов. – Минск : БРНПОПМ, 1988. – 16 с.
10. Пятов, В.В. Спекание порошковых прессовок, содержащих парафин / В.В. Пятов, А.С. Ковчур, О.Н. Ахтанин, В.В. Савицкий // Сборник научных статей «Современные энергоресурсосберегающие и экологобезопасные технологии в машиностроении и легкой промышленности». – Витебск : ВГТУ, 1998. – С. 47–50.

#### SUMMARY

Some operations of known manufacturing techniques of powder pipes are improved.

The new technology of shaping of thin-walled preforms is offered, which includes the following additional operations: preparation of refractory powder; its plasticization; preparation of a mix; shaping of mandrels from alumina plasticized by paraffin; joint extrusion of thin-walled pipe and mandrel simultaneously.

Mandrels allow to eliminate deformation of thin-walled preforms after extrusion.

Examples of the pipes received according to developed technology are described.