

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ТТМП)

**Методические указания
к лабораторным и самостоятельным работам**

**для студентов специальности
6.05040104 «Обработка металлов давлением»
всех форм обучения**

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № 1 от 20.11.2015

Краматорск
ДГМА
2015

Обработка давлением порошковых материалов (ТТМП) : методические указания к лабораторным и самостоятельным работам для студентов специальности 6.05040104 «Обработка металлов давлением» всех форм обучения / сост. О. В. Чучин. – Краматорск : ДГМА, 2015. – 27 с.

Приведены краткие теоретические сведения по каждой из представленных лабораторных работ, методики их выполнения и вопросы к самостоятельной подготовке.

Составитель О. В. Чучин, ст. преп.

Отв. за выпуск И. С. Алиев, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторные работы 1–2. ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ.	
ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ. ФОРМОВАНИЕ ПОРОШКОВ.....	4
Лабораторная работа 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ	
ПЛОТНОСТИ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА ОТ ДАВЛЕНИЯ	
ФОРМОВАНИЯ.....	7
Лабораторная работа 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ	
НЕСПЕЧЁННЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	9
Лабораторные работы 5–6. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ПРЕССОВАНИЯ	11
Лабораторная работа 7. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ	
И ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО	
ПРЕСС-АВТОМАТА ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ	
ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	24
Приложение А. Конструкция пресс-формы для двухстороннего	
прессования	25
Приложение Б. Допускаемые напряжения.....	26
Приложение В. Параметры конусной части матрицы и стержней.....	27

Лабораторные работы 1–2

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ. ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ.

ФОРМОВАНИЕ ПОРОШКОВ

Цель работы: ознакомиться с процессами получения порошка и последующего прессования порошкового материала

Краткие теоретические сведения

Из порошковых металлов можно получать самые разнообразные конструкционные детали, подшипниковые, фрикционные, электротехнические материалы, фильтрующие элементы и многие другие изделия.

В зависимости от назначения металлопорошковые изделия делятся на пористые и компактные. К пористым относятся такие материалы, в которых после окончательной обработки сохраняется свыше 10...15 % остаточной пористости, а компактные должны иметь минимальную (1...5 %) пористость.

Металлические порошковые материалы характеризуются различными химическими, физическими и технологическими свойствами.

Химический состав порошков определяется содержанием основного металла и примесей. Содержание основного металла в порошках бывает не ниже 98–99 %, а наличие примесей обуславливается требованиями к готовым изделиям.

Физические свойства порошков определяются формой частиц, размером, распределением их по крупности и т. д. Форма частиц порошков зависит от методов их получения и может быть сферической, губчатой, осколочной, плоской и чешуйчатой. Форма частиц определяется при помощи микроскопа. Размер частиц порошков колеблется от долей микрона до 0,5 мм. Наряду с другими свойствами размер частиц порошка определяет давление прессования, усадку при спекании и механические свойства готовых изделий.

В производственных условиях важнейшие свойства порошков – технологические, характеризующиеся насыпной массой, текучестью и прессуемостью. Насыпная масса – это масса объема свободно насыпанного порошка; она определяется действительной плотностью данного металла и плотностью укладки его частиц. Величина, обратная насыпной массе, носит название насыпного объема. Текучесть порошка указывает на его способность с определенной скоростью вытекать из отверстия.

Прессуемость включает в себя как способность порошка к обжатию в процессе прессования (уплотняемость), так и способность спрессованного материала сохранять форму после извлечения из прессующего инструмента (формуемость). Для оценки уплотняемости часто используют диаграмму зависимостей плотности образцов-брикетов от давления прессования.

Сущность процесса прессования заключается в деформировании определенного объема порошковой массы в инструменте, называемом

пресс-формой, при котором происходит уменьшение первоначального объема и формирование изделия заданной формы. Изменение объема засыпки объясняется смещением частиц, заполняющих поры, а также за счет деформации отдельных частиц. Энергия прессования расходуется на преодоление трения между частицами в их массе, между граничными частицами и стенками пресс-формы и на деформирование самих частиц.

Во время прессования порошок в пресс-форме подвергается всестороннему сжатию.

Трение прессуемого порошка о стенки пресс-формы определяет усилие, необходимое для выталкивания изделия после прессования, и называется усилием выталкивания.

Основной характеристикой процесса прессования порошков является зависимость плотности полуфабриката-брикета от удельного усилия прессования. В ряде случаев необходимо получение материалов с заданной плотностью (пористые материалы). Кроме того, плотность характеризует прочность прессованных изделий.

Зависимость плотности брикета от давления прессования выражается формулой

$$\theta = \frac{\rho}{\rho_k} = \left(\frac{p}{p_{\max}} \right)^{\frac{1}{m}},$$

где θ – относительная плотность;

ρ – текущая плотность брикета, кг/м³;

ρ_k – плотность порошка, кг/м³;

p – давление прессования, МПа;

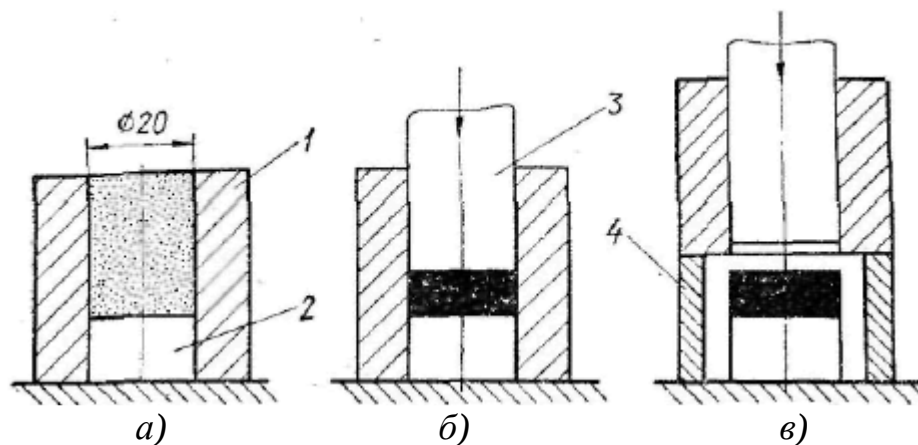
$p_{\max}$ – давление прессования, обеспечивающее получение беспористого изделия, МПа (для железного порошка $p_{\max} = 800 \dots 1000$ МПа);

m – показатель прессования, зависит от материала порошка; для железных порошков $m = 3$.

Дозировку исходного количества порошка (шихты) осуществляют весовым или объемным способами.

В зависимости от соотношений размеров порошковых деталей прессование может быть односторонним или двусторонним. В том и другом случаях порошковая шихта засыпается в матрицу пресс-формы и через пуансон подвергается воздействию внешнего усилия.

При одностороннем прессовании давление на металлический порошок передается только через пуансон, обычно верхний (рис. 1.1). Поэтому в изделиях, полученных таким способом, наблюдается большая неоднородность по плотности и твердости, и он применяется только для изготовления изделий простой формы с отношением высоты к поперечному сечению не более единицы.



1 – матрица, 2 – пуансон неподвижный, 3 – пуансон подвижный,
4 – подставка кольцевая

Рисунок 1.1 – Три стадии прессования металлических порошков

Процесс прессования состоит из трех стадий: засыпка порошка (рис. 1.1, а); прессование подвижным пуансоном (рис. 1.1, б); выпрессовка изделий (рис. 1.1, в).

Для получения высоких изделий с равномерной плотностью применяется двухстороннее прессование. Оно выполняется или приложением давления к верхнему и нижнему пуансонам, или приложением давления только к верхнему пуансону с принудительным опусканием подпружиненной матрицы.

При применении любого способа окончание процесса прессования контролируется или давлением (усилием) по прибору, или ограничением движения пуансона (до упора).

После прессования полученный полуфабрикат-брикет подвергается термообработке – спеканию для придания изделию необходимой прочности.

Порядок выполнения работы

1. Просмотр видеофайлов: «Получение порошков», «Прессование».
2. Оформление лабораторной работы.

Контрольные вопросы и вопросы для самостоятельной подготовки

1. Этапы изготовления изделий из порошкового материала.
2. Преимущества порошковой металлургии.
3. Классификация способов получения порошкового материала.
4. Механические методы получения порошкового материала (в шаровых, вихревых, струйных, планетарных мельницах, атриторных устройствах, распыление жидкого металла с помощью газа и воды, за счёт центробежных сил).
5. Режимы размола исходного материала в шаровой мельнице в зависимости от скорости вращения барабана.

6. Физико-химические методы получения порошкового материала (восстановление окислов металлов углеродом, водородом, более активными металлами, электролиз).
7. Схема прессования втулки.
8. Этапы прессования.
9. Прессование твёрдых и пластичных металлических частиц.
10. Добавление смазывающих компонентов в порошок.
11. Эффект упругого последействия.
12. Изделия, полученные порошковой металлургией.

Лабораторная работа 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПЛОТНОСТИ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА ОТ ДАВЛЕНИЯ ФОРМОВАНИЯ

Цель работы: ознакомиться с процессами формования порошкового материала.

Краткие теоретические сведения

Методы порошковой металлургии позволяют получать материалы, не только аналогичные существующим по структуре и свойствам, но и материалы, имеющие совершенно новый комплекс свойств. Такие материалы, обладая неравновесной структурой, могут сочетать в себе высокие прочность, пластичность и износостойкость в различных газовых и жидких средах, а также в вакууме и при отсутствии смазок. Получить подобные материалы традиционными способами литья и обработки давлением невозможно.

Принципиальная технологическая схема производства изделий и полуфабрикатов методами порошковой металлургии состоит из следующих основных операций: получение порошков с необходимыми свойствами; подготовка порошков к формованию; формование порошков различными методами в брикеты или в изделия определенных форм и размеров; спекание спрессованных заготовок при определенной температуре в защитно-восстановительной атмосфере; термическая и химико-термическая обработки; обработка давлением; пропитка маслом и т. п. Операция формования является одной из важнейших в технологическом цикле, так как она определяет в основном возможность получения изделий необходимой геометрической формы, с необходимыми физико-механическими свойствами.

Процесс уплотнения порошкового материала с точки зрения энергосиловых затрат принято представлять в виде зависимостей: плотность брикета – давление формования при статическом сжатии порошка (рис. 3.1, а)

и плотность брикета – удельная работа (энергия) формования при динамическом сжатии порошка (рис. 3.1, б).

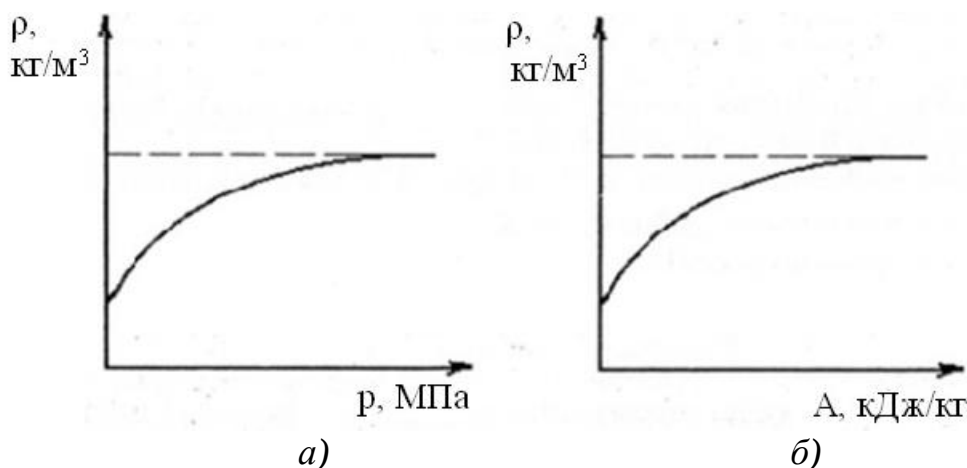


Рисунок 3.1 – Зависимость уплотнения порошкового материала от давления и удельной работы

Величины плотности ρ (кг/м³) и давления формования p (МПа) определяются по соответствующим формулам:

$$\rho = \frac{4m}{\pi D_{\zeta}^2 H_{\zeta}},$$

$$p = \frac{4P}{\pi D_{\zeta}^2},$$

где m – масса порошкового материала, кг;

D_{ζ} – диаметр заготовки, м;

H_{ζ} – высота заготовки, м;

P – усилие сжатия, Н.

Материальное обеспечение

1. Испытательная машина МС 500.
2. Весы с разновесами.
3. Штангенциркуль и микрометр.
4. Металлический порошок.
5. Разъёмная оснастка для формования порошкового материала.

Порядок выполнения работы

1. Сделать формование металлического порошкового материала в брикеты на испытательной машине МС 500. Фиксировать ход и усилие. После прессования брикеты измерить и взвесить. Данные занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты измерений и вычислений

Усилие P , Н	Ход H , м	Высота, м			D_z , м	m , кг	ρ , кг/м ³	p , МПа
		начальная H_n	конечная H_k	текущая H_i				

2. Сделать сжатие металлического порошкового материала в пресс-форме, данные занести в табл. 3.1. Произвести необходимые вычисления.
3. Построить график зависимости $\rho = f(p)$ (рис. 3.1, а).
4. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы и вопросы для самостоятельной подготовки

1. В чем преимущества изделий, получаемых методами порошковой металлургии, перед изделиями, изготовленными традиционными способами?
2. Из каких основных операций состоит технологическая схема получения изделий методами порошковой металлургии?
3. Почему операция формования является важнейшей в технологическом цикле производства деталей методами порошковой металлургии?
4. Какие параметры характеризуют процесс формования порошков?

Лабораторная работа 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НЕСПЕЧЁННЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: определить зависимость прочности неспечённых брикетов из порошковых материалов при одноосном сжатии от их плотности.

Краткие теоретические сведения

Механическая прочность неспеченных брикетов из порошковых материалов имеет существенное значение при разработке технологических процессов формования и спекания, так как является важной характеристикой, определяющей их параметры. В порошковой металлургии важным является определение границы прочности при изгибе брикетов, изготовленных из металлических порошков, порошков сплавов и порошковых смесей. Сущность метода заключается в способности образца с заданной плотностью выдерживать при изгибе напряжение не менее 6 МПа. Испытания проводятся на спрессованных образцах размером 30x10x5 мм и плотностью 75 % от монолитной. Однако выполненные по такой методике испытания не

дают полного представления об изменении прочности брикетов в зависимости от их плотности. Кроме того, брикеты из того самого материала, полученные разными способами, например, статическим и динамическим формованием, могут иметь разную прочность при одинаковой плотности.

Показателем прочности брикетов является удельное усилие одноосного сжатия p_0 , при котором начинается разрушение образца. Его величину можно определить из выражения

$$p_0 = \frac{4 P_{\delta}}{\pi D_{\delta}^2},$$

где P_{δ} – усилие одноосного сжатия в момент начала разрушения брикета, Н;

D_{δ} – диаметр брикета в момент начала разрушения (диаметр торца брикета), м.

Таким образом, данное выражение фактически определяет величину среднего контактного давления. Известно, что давление на контактной поверхности распределено неравномерно. Эта неравномерность тем меньше, чем меньшее трение между инструментом и брикетом. Для уменьшения контактного трения используют прокладки из фторопластовой или полиэтиленовой пленки, смазанной машинным маслом, применяют папиросную бумагу, пропитанную парафином.

Материальное обеспечение

1. Испытательная машина МС 500.
2. Штангенциркуль.
3. Брикеты из металлического порошка, полученные формованием в предыдущей лабораторной работе.

Порядок выполнения работы

1. Осадить брикеты на машине МС 500 до разрушения. Фиксировать усилие в момент начала разрушения. Измерить торцы брикета. Данные занести в таблицу 4.1. Выполнить необходимые вычисления.

Таблица 4.1 – Результаты измерений и вычислений

Плотность брикета ρ , кг/м ³	Усилие сжатия P , кН	Диаметр торцов, м		Средний диаметр торца, м	p_0 , МПа
		верх	низ		

2. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы и вопросы для самостоятельной подготовки

1. Как определяется прочность брикетов из порошковых материалов?
2. Как определяется прочность брикетов при одноосном сжатии?
3. Почему при одноосном сжатии брикетов стремятся к уменьшению контактного трения?
4. Почему возникла необходимость в определении прочности брикетов в условиях, отличных от предусмотренных стандартом?

Лабораторные работы 5–6 МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ПРЕССОВАНИЯ

Цель работы: получить теоретические знания по проектированию жестких пресс-форм для холодного прессования металлических порошков и изучить методику их проектирования.

Краткие теоретические сведения

Инструмент для прессования порошковых материалов должен обеспечивать требуемую точность размеров изделий, обладать высокой прочностью и высокой жесткостью для предотвращения трещинообразования в прессовках и повышенного износа инструмента. Также он должен иметь высокую поверхностную твердость, чтобы противостоять износу, обеспечивать высокую точность формообразующих размеров, высокую чистоту поверхности, обеспечивать высокую производительность и быть долговечным в работе.

Прессование порошковых материалов осуществляется в большинстве случаев в пресс-формах, изготавливаемых из высокопрочных инструментальных сталей. Пресс-формы для прессования металлических порошков могут быть классифицированы следующим образом:

- 1) эксплуатационные особенности (стационарные и съемные);
- 2) принцип заполнения порошком полости матрицы (с объемной и весовой дозировкой);
- 3) способ прессования (одностороннее и двухстороннее);
- 4) конструкция матрицы (со сплошной и разъемной матрицей);
- 5) количество гнезд (одно- и многогнездовые);
- 6) род применяемых прессов (специализированные и неспециализированные);
- 7) метод прессования (ручной, полуавтоматический и автоматический);

8) количество слоев в прессуемой детали (однослойные и многослойные);

9) конструкции, зависящие от формы и размеров изготавливаемых деталей.

Стационарные пресс-формы обеспечивают высокую производительность и применяются при прессовании деталей на автоматических прессах. Как правило, такие пресс-формы неразборные, с неразъемной матрицей.

В условиях ручного прессования используются съемные пресс-формы. Иногда их изготавливают разборными с разъемной матрицей. В этом случае отсутствует операция выпрессовки брикетов и, соответственно, исключаются сопутствующие ей отрицательные явления. Однако такие пресс-формы сравнительно малопродуктивны.

Основными деталями пресс-формы являются матрица, пуансоны и стержни. В комплект также входят такие детали, как обойма, подставки, выталкиватели и др.

Матрица служит для получения требуемой наружной боковой поверхности прессовки. Конструкция матрицы (рис. 5.1) определяется формой изделия, давлением прессования, частью которого она воспринимает при работе, материалом, применяемым при ее изготовлении.

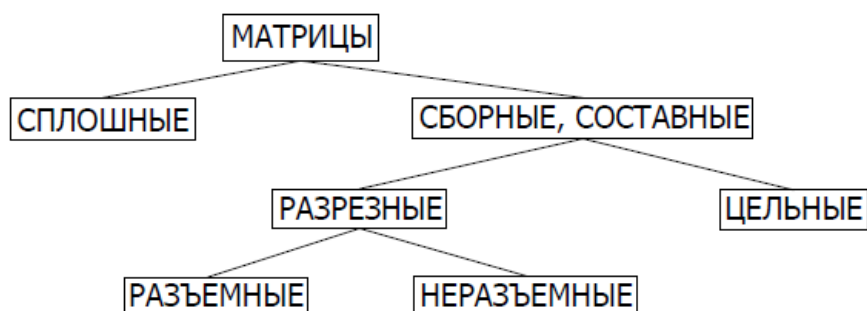


Рисунок 5.1 – Классификация матриц пресс-форм

Сплошные матрицы (рис. 5.2, а) применяются при небольших нагрузках, составные цельные матрицы (рис. 5.2, б) – при больших и при необходимости обеспечить высокую жесткость конструкции.

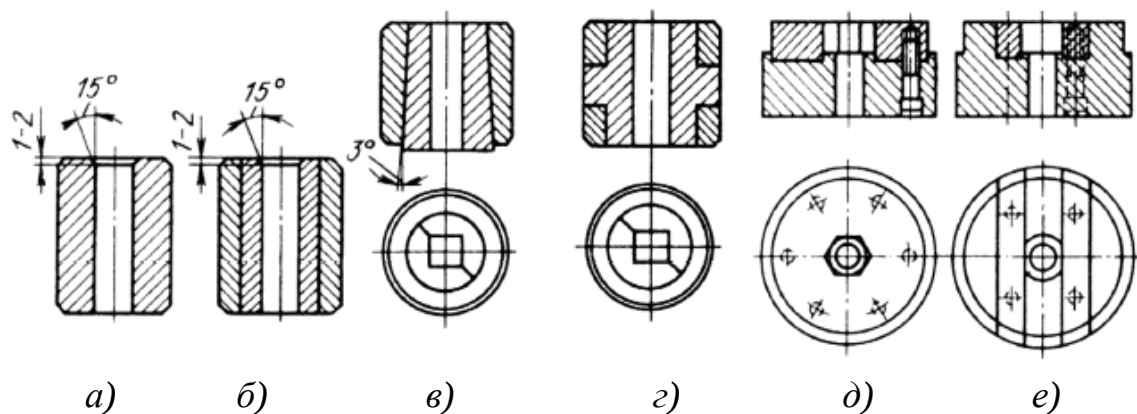


Рисунок 5.2 – Виды матриц для холодного прессования порошков

Матрицы, у которых отдельные части собираются по подвижным посадкам и скрепляются крепежными деталями, называются сборными (рис. 5.2, в–е). Применение таких матриц обуславливается сложной формой прессуемого изделия. Преимуществом составной и сборной матриц является то, что при износе рабочей поверхности ее можно восстановить путем перешлифовки каждой секции.

Для всех матриц рекомендуется делать выходную кромку её рабочей поверхности скошенной под углом 15° на длине 1...2 мм или скругленной с радиусом скругления 1 мм.

Для получения качественных прессовок большое значение имеет наличие конических рабочих поверхностей на матрицах и стержнях. При их отсутствии упругое последствие часто приводит к образованию поперечных трещин на прессовке во время её извлечения из матрицы. Конические поверхности на матрице и стержне также несколько снижают усилие выпрессовки изделия, нагрузку на стержни. В то же время, они снижают стойкость прессового инструмента из-за дополнительного трения порошка о стенки матрицы и поверхность стержня.

Согласно рекомендациям, высоту конусной части матрицы следует выбирать, исходя из высоты детали и схемы прессования. Максимальный диаметр конусной части матрицы превышает диаметр прессовки не более, чем на 1 %.

Твердосплавные матрицы, работающие на растяжение, мало деформируются и их обязательно стягивают одной или двумя стальными обоймами.

Расчет матриц сводится к определению высоты, технологического размера отверстия и к проверке матрицы на прочность и жесткость. Размеры рабочей полости матрицы зависят от вида прессуемого материала, размеров прессуемого изделия и его конечной плотности, последующих операций, влияющих на размер спрессованного изделия (допрессовки и калибровки), а также от припуска на механообработку, если она имеется. По найденным размерам изделия на всех промежуточных стадиях технологического процесса рассчитывают окончательные размеры матрицы и проектируют прессовый инструмент.

Исходными данными для расчета матриц являются:

- 1) размеры готового изделия и отклонения на них;
- 2) плотность готового изделия;
- 3) упругие последствия после прессования по линейным размерам;
- 4) усадка при спекании по линейным размерам;
- 5) припуск на калибровку по линейным размерам;
- 6) упругое последствие после калибровки по линейным размерам;
- 7) упругая деформация матрицы;
- 8) припуски на механообработку готовой детали.

Пуансоны служат для приложения нагрузки к порошку и формирования торцовых поверхностей брикета. В неразборных пресс-формах спрессованный брикет выталкивается из матрицы с помощью пуансона или выталкивателей, в разборных его извлекают после разборки пресс-формы.

В процессе прессования пуансоны подвергаются, прежде всего, действию сжимающей нагрузки. Поэтому при конструировании пуансонов следует максимально сокращать их длину. Это обеспечит технологичность их изготовления, устойчивость и высокую жесткость. Площадь опорной поверхности пуансонов желательно делать в 1,5...2 раза больше площади рабочего торца, что необходимо для предотвращения смятия подкладных плит.

Для пуансонов сложного профиля посадочную поверхность выполняют простой формы.

Рабочие пояски пуансонов обеспечивают центрирование пуансонов по матрице и стержню. Поэтому их подгоняют и шлифуют с минимально допустимым зазором между ними и матрицей или стержнем. Размеры остальной профильной части пуансона занижают на 0,1...0,5 мм на сторону для отвода порошка, проникающего в зазор во время прессования.

Различают верхние и нижние пуансоны. Принципы их конструирования несколько различаются. Рабочие пояски верхних пуансонов делают достаточно большими (15...20 мм) как снаружи, так и изнутри. Это необходимо для перешлифовки рабочего торца пуансона в случае закругления рабочей кромки в процессе прессования.

Рабочие пояски нижних пуансонов делают минимально необходимыми, чтобы максимально уменьшить трение о стенки матрицы. Профильную часть пуансона выполняют длинной, превышающей длину матрицы на 5...10 мм. Нижние пуансоны имеют возможность немного перемещаться в пуансонодержателе, что необходимо для их самоцентрировки по матрице.

Стержни необходимы для формирования внутренней части прессовки. Заходная часть стержней оформляется фаской под углом 15° на длине 1...2 мм или радиусом 1 мм.

Расчет стержней, как и матриц, заключается в определении их технологических размеров. Размеры стержня зависят от размеров формуемого изделия, изменения размера в процессе изготовления изделия (упругие последствия, рост или усадка при спекании) и принимаются максимально возможными, чтобы обеспечить наибольший припуск на износ стержня.

Расчет пресс-форм начинается с выбора направления прессования детали. При этом необходимо руководствоваться следующим правилом:

- 1) для деталей, имеющих ось вращения, усилие прессования должно быть направлено вдоль этой оси;
- 2) для деталей, не имеющих оси вращения, усилие прессования должно быть направлено так, чтобы в этом направлении деталь имела наименьшее число переходов.

Затем составляется эскизная схема прессования, которая должна включать операции заполнения полости пресс-формы порошком, прессования и выталкивания спрессованной формовки.

После определения схемы применения необходимо выбрать материал основных деталей пресс-формы, и только после этого выполнить расчеты на жесткость и прочность основных деталей и сконструировать пресс-форму.

Исходные данные для проектировочного и проверочного расчетов пресс-форм

1. Материалом прессовки служит порошковая смесь следующего состава: 91 % Fe + 7 % Cu + 2 % C (указанное процентное содержание соответствует весовой доле порошкового компонента в смеси).

2. Плотности компонент порошковой смеси:

– железа $\rho_{Fe} = 7860 \text{ кг/м}^3$;

– меди $\rho_{Cu} = 8920 \text{ кг/м}^3$;

– графита $\rho_C = 2253 \text{ кг/м}^3$.

3. Конечные размеры изделия (после спекания и калибровки):

– диаметры наружный $D = 42,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и внутренний $d = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

– высота $h = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

4. Давление прессования $p = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (при такой величине давления прессования пористость прессовки составит $\sim 24 \%$).

5. Насыпная плотность смеси $\rho_{нас} = 3500 \text{ кг/м}^3$.

Порядок выполнения работы

1. Изобразить имеющуюся штамповую оснастку для прессования порошкового материала в сборе. Измерить и проставить все размеры. В качестве примера оформления можно рассмотреть конструкцию пресс-формы для двухстороннего прессования (Приложение А).

2. Рассчитать плотность (кг/м^3) смеси системы $Fe + Cu + C$ по формуле:

$$\rho_{\tilde{m}} = \frac{1}{\frac{\tilde{O}_{Fe}}{\rho_{Fe}} + \frac{\tilde{O}_{Cu}}{\rho_{Cu}} + \frac{\tilde{O}_C}{\rho_C}},$$

где X_{Fe} , X_{Cu} и X_C – долевое содержание, соответственно, Fe , Cu и C в смеси по весу (см. исходные данные);

ρ_{Fe} , ρ_{Cu} и ρ_C – плотность, соответственно, Fe , Cu и C , кг/м^3 (см. исходные данные).

3. Рассчитать коэффициент плотности прессовки по формуле:

$$\hat{E}_{\tilde{i}} = 1 - \frac{\tilde{I}}{100},$$

где $\tilde{I}$ – пористость прессовки (см. исходные данные), %

4. Рассчитать объём (м^3) образца из порошкового материала по формуле:

$$V = 0,785 (D^2 - d^2) h.$$

5. Массу (кг) образца системы $Fe + Cu + C$ рассчитать по формуле:

$$m_{\tilde{m}} = V \rho_{\tilde{m}} K_1 K_2 K_{\tilde{i}},$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании ($K_1 = 1,005...1,09$);

K_2 – коэффициент, учитывающий потери порошкового материала при спекании ($K_1 = 1,01...1,03$).

6. Массы (кг) порошковых компонентов определить по формуле:

$$m_i = m_{\tilde{m}} X_i,$$

где X_i – долевое содержание компонентов ($i = Fe, Cu$ и C) в смеси (см. исходные данные).

7. Определить необходимое усилие прессования (Н) по формуле:

$$P_{i\delta} = 0,785 (D^2 - d^2) p.$$

8. Определить усилие пресса (Н) по формуле:

$$P = f P_{i\delta},$$

где $f = 1,5$ – коэффициент запаса.

9. Определить массу (кг) прессовки по формуле:

$$m_{i\delta} = 0,98 m_{\tilde{m}}.$$

10. Рассчитать плотность (кг/м³) прессовки до спекания по формуле:

$$\rho_{i\delta} = (1 - \tilde{I}) \rho_{\tilde{m}}.$$

11. Определить высоту (м) матрицы по формуле:

$$H_i = \frac{\rho_{i\delta}}{\rho_{i\delta\tilde{m}}} h + l,$$

где l – размер, на который углубляются верхний и нижний пуансоны в матрицу ($l = 15 \cdot 10^{-3}$ м).

12. Определить расстояние от плоскости стола до ползуна по формуле:

$$L = 3 H_i + (150...200) \cdot 10^{-3}, \text{ м.}$$

13. Внутренний минимальный начальный размер матрицы (м)

$$D_{i\delta\tilde{m}} = D.$$

14. Определить наружный размер матрицы по формуле (м):

$$D_{i\delta\tilde{m}} = 2 D_{i\delta\tilde{m}}.$$

15. Рассчитать диаметр бандаж (обоймы) по формуле (м):

$$D_{\delta} = 3,5 D_{i\delta\tilde{m}}.$$

16. Согласно рекомендациям, длину рабочего пояса верхнего пуансона принять равной $l_{\bar{a}\bar{i}} = 10 \cdot 10^{-3}$ м, а длину рабочего пояса нижнего пуансона – $l_{\bar{i}\bar{i}} = 8 \cdot 10^{-3}$ м.

17. Размеры профильной части верхнего и нижнего пуансонов определить по формуле:

$$d_{\bar{i}\bar{i}\bar{\delta}\bar{\delta}} = D - 1 \cdot 10^{-3}, \text{ м.}$$

18. Размеры опорной части верхнего и нижнего пуансонов определить по формуле:

$$d_{\bar{i}\bar{i}} = (1,1 \dots 1,5) D, \text{ м.}$$

19. Рассчитать верхний и нижний пуансоны на прочность по следующим формулам:

– на смятие

$$\sigma_{\bar{n}\bar{i}} = \frac{P}{F_{\bar{n}\bar{i}}} \leq [\sigma_{\bar{n}\bar{i}}],$$

– на сжатие

$$\sigma_{\bar{n}\bar{a}} = \frac{P}{F_{\bar{n}\bar{a}}} \leq [\sigma_{\bar{n}\bar{a}}],$$

где $\sigma_{с\bar{m}}$ – напряжение смятия опорной поверхности пуансона, Па;

$\sigma_{с\bar{ж}}$ – напряжение сжатия (в наименьшей площади поперечного сечения пуансонов), Па;

$F_{с\bar{m}}, F_{с\bar{ж}}$ – площади, соответственно, опорной поверхности пуансонов ($F_{\bar{n}\bar{i}} = 0,785 (d_{\bar{i}\bar{i}}^2 - d^2)$) и наименьшей площади поперечного сечения пуансонов ($F_{\bar{n}\bar{a}} = 0,785 (d_{\bar{i}\bar{\delta}\bar{\delta}}^2 - d^2)$), м²;

$[\sigma_{с\bar{m}}], [\sigma_{с\bar{ж}}]$ – допускаемые напряжения, соответственно, смятия и сжатия, Па (табл. Б.1).

20. Момент инерции наименьшего сечения пуансонов (м⁴) рассчитать по формуле:

$$I = \frac{\pi (d_{\bar{i}\bar{\delta}\bar{\delta}}^4 - d^4)}{64}.$$

21. Рассчитать свободную длину (м) пуансонов на продольный изгиб по формуле:

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{E I}{n P}},$$

где E – модуль упругости (для инструментальных сталей $E = 2,15 \times 10^{11}$), Па;

$n = 2 \dots 3$ – коэффициент безопасности.

21. Если длина свободной части пуансонов $l_{uz} < l$, то пуансоны свободному изгибу в процессе работы не будут подвергнуты.

22. Длину стержня (м) принять равной

$$l_{\text{нò}} = H_i + 5 \cdot 10^{-3}.$$

23. Принять диаметр стержня $d_{\text{нò}} = d$.

24. Принять следующие значения шероховатостей поверхностей деталей:

- матрицы, пуансонов, стержня (формирующих изделие) – $\sqrt{Ra\ 0,2}$;
- верхних торцов матрицы, стержня, поясков пуансонов – $\sqrt{Ra\ 0,8}$;
- остальных – $\sqrt{Ra\ 1,6}$.

25. Принять параметры конусной части матрицы и стержней согласно рекомендациям приложения В (табл. В.1).

26. На основании приведенных выше расчетов сконструировать пресс-форму и начертить ее в масштабе.

Ориентировочная конструкция проектируемой пресс-формы для двухстороннего прессования приведена в приложении А (рис. А.1).

27. Сравнить размеры имеющейся в наличии пресс-формы (см. п. 1) с размерами сконструированной пресс-формы (см. п. 26). Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы и вопросы для самостоятельной подготовки

1. Зачем матрицы пресс-форм должны обладать высокой жесткостью? Как это обеспечить?

2. Зачем матрицы и пуансоны пресс-форм должны иметь высокую поверхностную твердость? Какими способами можно этого достичь?

3. Зачем матрицы и пуансоны пресс-форм должны иметь высокую чистоту рабочих поверхностей?

4. Какие материалы применяют при изготовлении пресс-форм?

5. По каким признакам классифицируют пресс-формы?

6. Какие детали входят в состав пресс-формы?

7. Как классифицируют матрицы пресс-форм?

8. В чем преимущества и недостатки сплошных и составных матриц?

9. Какие правила и особенности следует учитывать при конструировании разрезных матриц?

10. Как восстанавливают размеры износившихся матриц?

11. Зачем у матриц выходную кромку рабочей поверхности выполняют либо скошенной под углом 15° либо скругленной?

12. Почему длина одного из пуансонов (чаще всего верхнего) должна быть больше высоты матрицы?
13. Почему зазоры между пуансоном и матрицей, а также между пуансоном и стержнем должны быть минимальными?
14. Перечислите этапы конструирования матриц, пуансонов и стержней. Что является исходными данными для такого конструирования?
15. Какие нагрузки испытывают матрицы, пуансоны и стержни при уплотнении порошковых материалов?

Лабораторная работа 7

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕСС-АВТОМАТА ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Цель работы: изучить конструкцию и работу типового гидравлического пресса, используемого для прессования порошковых материалов.

Краткие теоретические сведения

Возможности порошковой металлургии как технологического метода изготовления деталей во многом определяется техническими характеристиками оборудования для формования заготовок из порошков. При этом принято различать устройства, создающие силовое воздействие на порошок, и пресс-оснастку (например: пресс-формы, прессующие блоки, штампы и т. д.), обеспечивающие придание заготовкам из порошка форм, размеров, плотности и прочности, необходимых для последующего изготовления изделий.

Наиболее распространенным оборудованием для формования заготовок из порошковых материалов являются неспециализированные (приспособленные для нужд порошковой металлургии) и специализированные (созданные специально для целей порошковой металлургии) прессы различных типов.

Неспециализированные прессы представляют собой оборудование, используемое, например, в обработке давлением компактных металлов, для производства изделий из пластмасс, в фармацевтической промышленности. Такие прессы при необходимости подвергаются некоторой модернизации: увеличивается усилие выталкивания, изменяется скорость прессования и т. д.

Специализированное прессовое оборудование должно обеспечивать создание требуемых давлений в необходимых направлениях, возможность регулирования наполнения пресс-форм порошком и автоматического удале-

ния спрессованных заготовок из пресс-оснастки, возможность применения нескольких пуансонов, синхронизирование и регулирование их ходов, жесткость конструкции для достижения высокой размерной точности получаемых заготовок, износостойкость против абразивного действия прессуемого материала; быстроту и удобство прессуемого инструмента, простоту систем смазки и удобное расположение механизмов управления и регулировки.

По типу нагружения существующие прессы можно условно классифицировать на механические, гидравлические и специальные (гидростаты, газостаты и т. п.). Значительное место в парке оборудования для производства изделий методом порошковой металлургии занимают гидропрессы, в частности гидравлические вертикальные прессы верхнего давления.

Уплотнение порошков на таких прессах отличается плавностью и осуществляется с низкими скоростями, что предотвращает появление расщелинных трещин, особенно при прессовании тонких порошков большими давлениями. При этом обеспечивается возможность любых выдержек прессовок под давлением. Гидравлические прессы обладают более высокими значениями усилий прессования, чем механические, однако производительность таких прессов ниже.

Прессование порошковых материалов на гидравлических прессах обеспечивается постепенным продвижением пресс-оснастки под действием плунжеров. При этом скорость подвижных частей пресса нарастает в процессе рабочего хода и затем затормаживается. Плунжеры, в свою очередь, перемещаются энергоносителем (чаще всего маслом или подмыленной водой), поступающим в рабочий и вспомогательные цилиндры.

Рабочий цикл вертикальных гидравлических прессов состоит из обратного хода (подъем), удержания системы подвижных частей пресса на весу (стоп), холостого хода и собственно прессования (рабочий ход).

Далее рассмотрена работа и конструкция типового гидропресса, используемого для формования порошковых материалов, на примере гидравлического пресс-автомата усилием 1600 кН модели ДА1532Б.

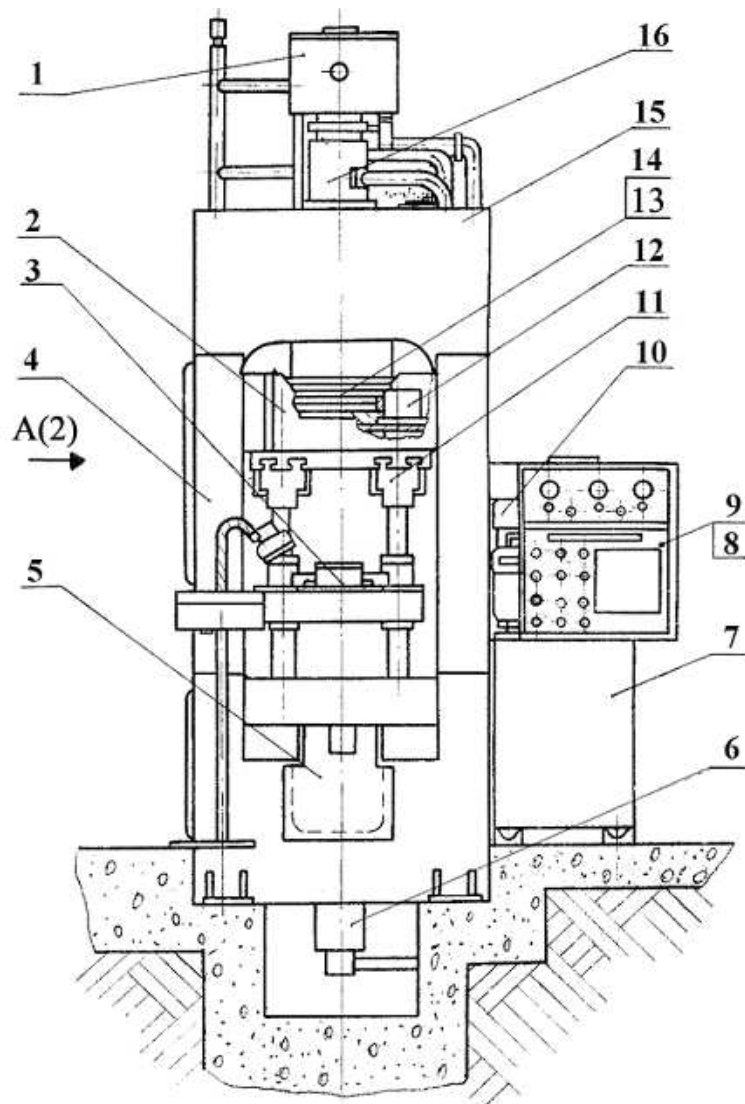
Гидравлический пресс-автомат усилием 1600 кН модели ДА1532Б предназначен для холодного прямого прессования из металлических порошков широкой номенклатуры конструктивных деталей типа гладких втулок с наружным и внутренним буртами, с буртом посередине, с отверстием и без отверстия вдоль оси прессования. Техническая характеристика пресс-автомата представлена в таблице 7.1.

Общий вид гидравлического пресс-автомата усилием 1600 кН модели ДА1532Б представлен на рис. 7.1.

Рассматриваемый пресс-автомат (см. рис. 7.1) представляет собой вертикальную конструкцию рамного типа с автоматической засыпкой порошка в матрицу и состоит из следующих основных узлов: станины 15, главного цилиндра 16, нижнего цилиндра 6, питателя 3, ползуна 2, установки конечных выключателей, бункера, трубопровода и электрооборудования. Для пылеулавливания предусмотрен агрегат для отсасывания пыли с пылеотсасывающим трубопроводом.

Таблица 7.1 – Техническая характеристика гидравлического пресс-автомата усилием 1600 кН модели ДА1532Б

№	Наименование параметра	Данные
1	Номинальное усилие, кН	1600
2	Ход ползуна, мм	630 + 5
3	Давление рабочей жидкости (масло), МПа	20
4	Наибольшая высота штампового пространства (расстояние между ползуном и верхнем торцом цилиндрической части штока нижнего цилиндра), мм	1620 ± 10
5	Номинальное усилие цилиндра нижнего, кН: – при стягивании матрицы; – при подпоре матрицы	630 1000
6	Ход цилиндра нижнего (наибольшая высота засыпки порошка в матрицу), мм	200 ⁺⁵
7	Суммарное усилие гидроупоров, кН	400 ± 5 %
8	Ход цилиндров гидроупоров, мм	125 + 5
9	Скорость ползуна, мм/с – при холостом ходе – при рабочем ходе: наибольшая; наименьшая; при возвратном ускоренном ходе	315-15 40 15 425-25
10	Скорость цилиндра нижнего, мм/с – вниз: наибольшая; наименьшая; – вверх ускоренно	106 42,5 100...160
11	Наибольший размер изделия в плане (диаметр описанной окружности), мм	125
12	Наибольшая высота засыпки, мм	200
13	Производительность при наибольшей высоте засыпки, шт/мин	3
14	Габаритные размеры, мм: – слева-направо; – спереди-назад; – высота	2350 ± 20 2200 ± 20 5000 ± 60
15	Высота прессы над уровнем пола, мм	4200 ± 50
16	Производительность, цикл/мин, не менее	6
17	Мощность привода, кВт	57



1 – бак наполнения; 2 – ползун; 3 – питатель; 4 – электрооборудование пресса; 5 – ограждения; 6 – цилиндр нижний; 7 – гидроагрегат; 8 – панель пульта; 9 – шкаф управления; 10 – электрооборудование агрегата; 11 – блок несущий; 12 – цилиндр гидроупора; 13 – кожух; 14 – проставка; 15 – станина; 16 – цилиндр главный

Рисунок 7.1 – Общий вид пресс-автомата гидравлического усилием 1600 кН модели ДА1532Б для прессования изделий из металлических порошков

Данная модель пресс-автомата позволяет выполнять двухстороннее прессование за счет естественного и принудительного плавления матрицы; прессование с подпором матрицы; прессованием изделий «в размер» (по конечному выключателю); прессование изделий по давлению (по моменту срабатывания предохранительного клапана прессования) и «в жесткий размер» (по упорам блока прессующего); прессованием выдержкой под давлением и без выдержки; прессованием с отводом и без отвода ползуна. Также данное оборудование обеспечивает ускорение хода ползуна вниз за счет перелива масла из штоковой полости главного цилиндра в поршне-

вую; замедление хода ползуна вниз по ходу (от конечного выключателя); замедление хода ползуна вниз по давлению (от реле давления); работу с центральным стержнем; работу без центрального стержня. Установка программ и режимов осуществляется режимными переключателями на панели в стойке пресс-автомата.

Пресс-автомат работает по принципу стягивания матрицы и оборудован дополнительным цилиндром привода центрального стержня (что значительно расширяет его технологические возможности) и механизированной регулировкой высоты засыпки порошка. Засыпка из бункера порошка в матрицу и удаление готовых изделий производится автоматически питателем. Привод пресс-автомата осуществляется от гидроагрегатов, представляющих собой самостоятельные установки. Гидравлическая схема в сочетании с электрической обеспечивает работу пресс-автомата в наладочном, полуавтоматическом (одиночные хода) и автоматическом режимах.

Движение механизмов по циклу по программе I состоит из следующих этапов: ход кассеты вперед (сталкивание готового изделия); ход матрицы вверх и вибрация кассеты над матрицей (заполнение матрицы порошком); ход кассеты назад; ход ползуна вниз ускоренно; ход ползуна вниз замедленно (прессование); ход ползуна вверх; ход матрицы вниз (освобождение изделия); ход центрального стержня вниз (освобождение изделия).

Движение механизмов по циклу по программе II включает в себя: ход кассеты вперед (сталкивание готового изделия); ход ползуна с матрицей вверх и вибрация кассеты над матрицей; ход кассеты назад; ход ползуна вниз ускоренно; ход ползуна вниз замедленно (прессование); ход ползуна вверх (снятие веса ползуна с изделия); ход матрицы вниз (освобождение изделия); ход ползуна вверх; ход центрального стержня вниз (освобождение изделия).

Содержание отчета

1. Цель работы и краткие теоретические сведения.
2. Описание конструкции и работы рассматриваемого пресса.
5. Выводы.

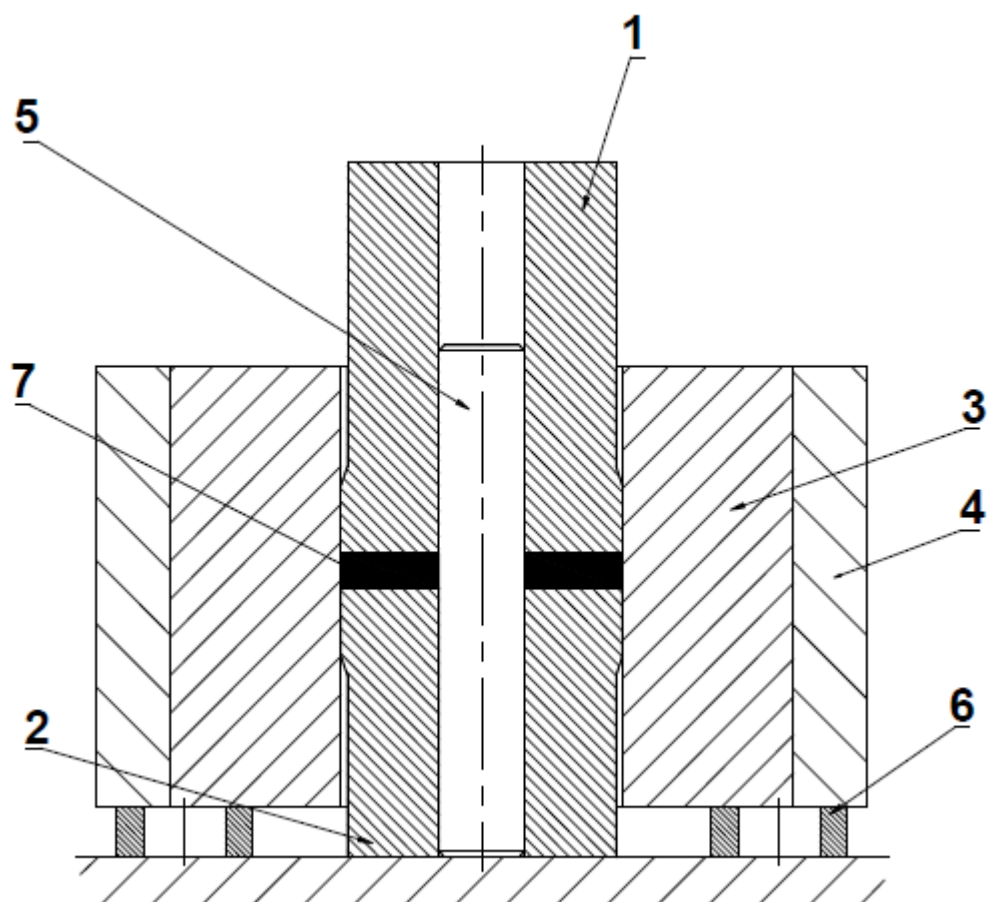
Контрольные вопросы и вопросы для самостоятельной подготовки

1. Чем штамп отличается от пресс-формы?
2. Какие виды прессового оборудования используют для прессования порошковых материалов?
3. В чем отличия специализированного прессового оборудования от неспециализированного?
4. Назвать, в чем заключаются преимущества и недостатки использования гидравлических прессов для уплотнения порошковых материалов по сравнению с механическими прессами?
5. Какие способы прессования в закрытой пресс-форме можно осуществить на рассматриваемом прессе?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология конструкционных материалов : учебник / О. С. Комаров [и др.]. – 2-е изд., испр. – Минск. : Новое знание, 2007. – 567 с. : ил. – (Техническое образование).
2. Технология конструкционных материалов : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с. : ил.
3. **Либенсон, Г. А.** Процессы порошковой металлургии: учебник для вузов. В 2 т. Т. 1 : Производство металлических порошков / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. – М. : МИСИС, 2001. – 368 с.
4. **Клячко, Л. И.** Оборудование и оснастка для формования порошковых материалов / Л. И. Клячко, А. М. Уманский, В. Н. Бобров. – М. : Металлургия, 1986. – 336 с. : ил.
5. **Роман, О. В.** Порошковая металлургия – безотходная, энергосберегающая технология / О. В. Роман, И. П. Габриелов. – Мн. : Беларусь, 1986. – 160 с.
6. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Металлургия» (для студентов специальности 7.090404) / сост. О. К. Савченко – Краматорск : ДГМА, 2000. – 24 с.
7. Порошковая металлургия : методические указания к лабораторным работам (для студентов специальности 7.090206) / сост. : А. М. Лаптев, Л. В. Попивненко, М. В. Дубинин. – Краматорск : ДГМА, 2007. – 72 с.

Приложение А
Конструкция пресс-формы для двухстороннего прессования



*1 – пуансон верхний; 2 – пуансон нижний; 3 – матрица;
4 – бандажное кольцо; 5 – центральный стержень (оправка);
6 – проставка; 7 – спрессованное изделие*
*Рисунок А.1 – Конструкция пресс-формы для двухстороннего
прессования*

Приложение Б

Допускаемые напряжения

Таблица Б.1 – Допускаемые напряжения в деталях пресс-форм

Детали пресс-форм	Марка материала и твердость	Допускаемые напряжения, МПа			
		растяж.	сжатия	изгиба	смятия
Съемники, колонки	Ст2, Ст3, сталь 10, сталь 20	130	140	140	175
Опоры, бандаж, обоймы, пуансо- нодержатели, пе- реходники, тяги, гайки, болты, винты, плиты	Сталь 45 35...40 HRCэ	210	600	260	310
Штифты, колон- ки, прокладки	Сталь У8А...У10А 52...56 HRCэ	250	1000	400	760
Матрицы, пуан- соны, стержни, прокладки, кли- нья, ползушки	Сталь X12M, ХВГ, 9ХС 35...40 HRCэ	250	1600	500	1000
Пуансоны, мат- рицы и стержни для холодного и горячего дефор- мирования	Сталь Р6М5 60...64 HRCэ	-	2400	-	-

Приложение В

Параметры конусной части матрицы и стержней

Таблица В.1 – Параметры конусной части матрицы и стержней

Длина конусной части L, мм		Угол конуса α	Допуск на угол конуса
свыше	до		
3	5	1°	6′
5	10	0°35′	6′
10	16	0°25′	5′
16	25	0°15′	4′
25	40	0°10′	3′
40	63	0°05′	2′30″
63	100	0°04′	2′

Навчальне видання

ОБРОБКА ТИСКОМ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ (ТТМВ)

**Методичні вказівки
до лабораторних і самостійних робіт
6.05040104 «Обробка металів тиском»
усіх форм навчання
(Російською мовою)**

Укладач ЧУЧИН Олег Володимирович

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання О. М. Болкова

14/2015. Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 1,63.
Обл.-вид. арк. 1,23. Тираж 3 пр. Зам. №

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №1633 від 24.12.2003