

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий
на основе трехмерных технологий»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2024

УДК 669.01
ББК 30.3
Т34

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «29» мая 2023 г., протокол № 12

Составитель канд. техн. наук, доц. А. И. Хабибуллин

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. С. Федосенко

Методические рекомендации к курсовому проектированию предназначены для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» дневной и заочной форм обучения. Отражают тематику, объем, содержание всех разделов курсовой работы и ее графической части.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	А. Т. Червинская
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

Введение	4
1 Общие требования к выполнению курсовой работы	5
2 Разработка чертежа изделия и эскизов технологической оснастки для холодного прессования заготовки	6
3 Расчет объема засыпки, массы прессовки, определение плотности засыпки	7
4 Разработка технологии изготовления детали методами порошковой металлургии	8
5 Проектирование основных элементов пресс-формы.....	9
6 Возможные дефекты прессовок и меры по их предотвращению	12
Список литературы.....	13
Приложение А. Пример оформления титульного листа курсовой работы.....	14
Приложение Б. Пример задания по курсовой работе.....	15

Введение

Студенты специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» выполняют курсовую работу по дисциплине «Технология формообразования изделий из металлов в аддитивном производстве» в 7-м семестре.

Выполнение курсовой работы позволяет студентам закрепить теоретические знания и получить практические навыки по проектированию и конструированию, исходя из условий эксплуатации изделий и масштаба производства.

Целью курсовой работы является закрепление и контроль теоретических знаний, развитие практических навыков проектирования и конструирования.

Работа предусматривает самостоятельное выполнение студентами заданий расчетно-графического характера по проектированию изделия, получаемого методом порошковой металлургии, конструированию специфических деталей инструментальной оснастки, подбору технологического оборудования и расчету пресс-форм.

В состав работы входит описание назначения детали, обоснование принятых конструктивных решений (применяемые материалы, технология изготовления, способы дополнительной обработки деталей, необходимые расчеты с учетом конструктивных и технологических особенностей исполнения).

К целям курсовой работы относится также формирование у студентов компетенции СК-18: «Знать аддитивные технологии и оборудование, применяемое в производстве изделий из полимеров, эластомеров, композитов, металлов, сплавов и неорганических материалов» и приобретение студентами навыков по практическому применению и закреплению знаний, полученных при изучении указанной дисциплины. При выполнении курсового проекта студенты используют знания, полученные в процессе изучения дисциплин «Материаловедение и композиционные материалы на металлической основе» и «Методы исследования материалов и изделий».

1 Общие требования к выполнению курсовой работы

Общий объем пояснительной записки не должен превышать 20–25 страниц машинописного текста. Образец титульного листа курсовой работы представлен в приложении А. Пояснительная записка печатается на принтерных устройствах ЭВМ на листах формата А4 и оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105–95. Первым листом пояснительной записки является лист, определяющий содержание записки, с основной надписью, выполненной по форме ГОСТ 2.104–68. Все последующие листы выполняются с основной надписью 2а того же ГОСТа. В графу 2 основной надписи записывается код (обозначение) документа, например, КР.201.191352 ПЗ (КР – курсовая работа, 201 – номер группы, 191352 – шифр зачетной книжки, ПЗ – пояснительная записка).

Расстояние от рамки до границ текста – не менее 3 мм, шрифт – 14 pt. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Текст записки разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится (например, раздел 1, подраздел 1.1). Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Заголовки следует писать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 8 мм или один межстрочный интервал. Ширина строк – 8 мм.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой.

В курсовую работу предлагается включить четыре автономных раздела, содержание которых и количество баллов за каждый из них представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Критерии оценок разделов курсовой работы

Этап выполнения	Минимум	Максимум
Разработка чертежа изделия и эскизов технологической оснастки для холодного прессования заготовки	9	15
Рассчитать объем засыпки, массу прессовки, назначить плотность засыпки	9	15
Разработать технологию изготовления детали методами порошковой металлургии	9	15
Спроектировать основные элементы пресс-формы (пуансон, матрица, выталкиватель)	9	15
Итого за выполнение курсовой работы	36	60
Защита курсовой работы	15	40

Требования к оформлению пояснительной записки аналогичны требованиям к курсовым проектам, выполненным ранее в соответствии с учебным планом специальности.

Иллюстративный материал графической части курсовой работы оформляется на отдельных листах и должен размещаться в соответствующих разделах пояснительной записки.

Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать список используемых источников.

Защита курсовой работы проводится в виде презентации перед комиссией. На изложение содержания работы отводится 5...7 мин, после чего члены комиссии задают вопросы в объеме содержания работы. Курсовая работа оценивается по результатам защиты с учетом качества выполнения работы и уровня знаний, проявленных докладчиком.

Защита курсовой работы осуществляется в форме презентации, в которую целесообразно включить следующий иллюстративный материал, наиболее информативный для каждого из разделов:

- копия задания на курсовую работу;
- чертеж изделия;
- эскиз технологической оснастки для холодного прессования;
- экономические и экологические аспекты предлагаемого проекта.

2 Разработка чертежа изделия и эскизов технологической оснастки для холодного прессования заготовки

Целью работы является разработка технологической оснастки для мелкосерийного производства втулок, выполняющих функцию подшипников скольжения.

Конструктивно деталь представляет собой полый цилиндр (рисунок 2.1).

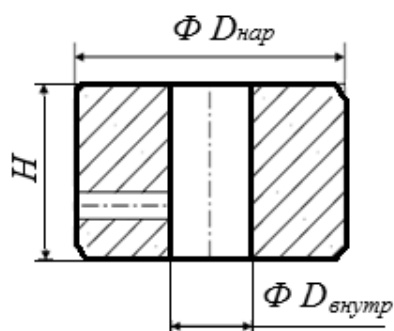


Рисунок 2.1 – Чертеж детали «втулка»

Геометрические параметры детали задаются преподавателем.

Для определения геометрических параметров технологической оснастки для холодного прессования заготовки необходимо рассчитать объем засыпки

порошка.

Марка порошковой композиции и содержание легирующих компонентов задаются преподавателем.

В процессе самостоятельной проработки материала по литературному источнику должны быть выписаны формулы, а также найдены значения искомых величин.

В процессе расчетов студент не только получает опыт разработки технологии и конструирования инструментальной оснастки порошковой металлургии, но и углубленно изучает материал соответствующего раздела по литературным источникам. В случае необходимости для выполнения расчета могут быть использованы дополнительные учебно-методические справочные источники.

3 Расчет объема засыпки, массы прессовки, определение плотности засыпки

Деталь «втулка» предназначена для работы в качестве подшипника скольжения. Пористая структура поверхности обеспечивает удерживание смазочного материала и постепенное накопление продуктов износа.

Для примера расчетов рассмотрим втулку с наружным диаметром 45 мм, внутренним диаметром 18 мм, высотой 32 мм. Для изготовления заданной детали назначаем материал – ЖГрК1.

Рассчитаем объем засыпки порошка по формуле

$$V = \left(\frac{\pi R_2^2}{4} - \frac{\pi R_1^2}{4} \right) \cdot h,$$

где R_1 – меньший диаметр пресс-формы;

R_2 – больший диаметр пресс-формы;

h – высота пресс-формы.

$$V = (0,0225^2 - 0,009^2) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,033}{4} = 1,52 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Рассчитаем общую плотность порошка в пресс-форме, по формуле

$$P_{см} = \frac{100 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3}{C_1 \cdot P_2 \cdot P_3 + C_2 \cdot P_1 \cdot P_3 + C_3 \cdot P_1 \cdot P_2},$$

где $P_{см}$ – плотность порошковой смеси;

P_1 – плотность порошка железа, $P_1 = 7,8 \text{ г/см}^3$;

P_2 – плотность порошка серы, $P_2 = 2,0 \text{ г/см}^3$;

P_3 – плотность порошка графита, $P_3 = 2,2$ г/см³;

C_1 – процентное содержание порошка железа, $C_1 = 98$ %;

C_2 – процентное содержание порошка серы, $C_2 = 1$ %;

C_3 – процентное содержание порошка графита, $C_3 = 1$ %.

$$P_{см} = \frac{100 \cdot 7,8 \cdot 2,0 \cdot 2,2}{98 \cdot 2,0 \cdot 2,2 + 1 \cdot 2,2 \cdot 7,8 + 1 \cdot 2,0 \cdot 7,8} = 7,6 \text{ г/см}^3.$$

Рассчитаем массу прессовки по формуле

$$m = V \cdot P_{см} = 15,2 \cdot 7,6 = 115,5 \text{ г.}$$

Рассчитаем массу засыпного порошка по формуле

$$M = m \left(1 - \frac{P}{100} \right) \cdot k_1 \cdot k_2,$$

где P – заданная пористость готовой детали;

k_1, k_2 – коэффициенты, учитывающие потери порошковой смеси во время прессования и спекания соответственно, $k_1 = 1,08, k_2 = 1,02$.

$$M = 115,5 \cdot \left(1 - \frac{20}{100} \right) \cdot 1,08 \cdot 1,02 = 101,8 \text{ г.}$$

4 Разработка технологии изготовления детали методами порошковой металлургии

Порошковые антифрикционные материалы предназначены для производства изделий с низкими потерями на трение; их определяющий признак – сравнительно низкий коэффициент трения.

Метод порошковой металлургии наиболее эффективен для изготовления антифрикционных изделий различного химического состава с хорошей прирабатываемостью, высокой износостойкостью, низким и стабильным коэффициентом трения, хорошей сопротивляемостью схватыванию и другими полезными качествами.

Наибольшее количество изделий данного типа изготавливается из порошковых смесей на основе железного порошка с добавками графита и легирующих элементов. Исходными материалами служат порошки железа и графита карандашного. С увеличением пористости втулок коэффициент трения и износ возрастают, что связано с ухудшением сцепления частиц матрицы и повышенной шероховатостью трущихся поверхностей.

Железографитовые втулки отличаются относительной дешевизной, высокой износостойкостью, определяемой наличием в их составе графита, а также образованием коллоидальной графито-масляной смазки.

Прочностные характеристики определяются составом материала, пористостью и крупностью частиц исходных порошков главным образом железного. С повышением содержания графита до 3 %...4 % твердость, временное сопротивление при растяжении и изгибе возрастают, а затем при дальнейшем увеличении содержания графита происходит резкое снижение прочности.

Ударная вязкость по мере увеличения содержания графита непрерывно снижается, что объясняется образованием структуры, состоящей из тонкопластинчатого или сорбитообразного перлита с включениями графита.

Присадка меди в шихту повышает прочность изделий. Оптимальная износостойкость наблюдается у образцов с 5 %...7 % Cu, что объясняется как упрочнением, так и повышением теплопроводности материала. При большем ее содержании возникает адгезия, и медь налипает на вал.

Пористая структура поверхности подшипников скольжения обеспечивает удержание смазочного материала и постепенное накопление и удаление продуктов износа из зоны трения. Коэффициент трения в опоре с такими подшипниками значительно снижается и составляет не более 0,04.

Рекомендуемая пористость для данных деталей составляет около 20 %.

Для изготовления деталей такого типа обычно назначают сульфидированный железографит марок ЖГрК1, ЖГр1ДК1, железографит с медью – марок ЖГр1Д0,5, ЖГр2Д и пр .

После прессования изделия подвергают спеканию в защитной атмосфере и, при необходимости, калибровке.

5 Проектирование основных элементов пресс-формы

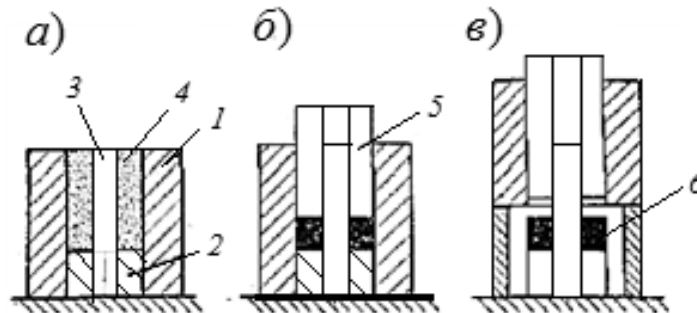
Заготовки для деталей типа втулки по форме соответствуют готовому изделию. Их поперечные размеры меньше размеров матрицы для горячего прессования с учетом расширения формовки при нагреве под горячее доуплотнение, а высота определяется ее пористостью. Схема прессования, как правило, односторонняя, но если предъявляются повышенные требования к равномерности распределения плотности, то следует использовать схему двухстороннего прессования заготовок.

Способ дозировки порошковой шихты при засыпке ее в пресс-форму (ПФ) также зависит от указанных требований к деталям: объемная дозировка применяется для получения изделий средней точности размеров, а весовая – при изготовлении деталей с более точными и стабильными размерами и свойствами их материала. Кроме того, она, как менее технологичная, может быть заменена объемной, если пресс-автоматы для холодного прессования будут оборудованы устройствами, автоматически следящими за изменением насыпной массы порошковой шихты и корректирующими в связи с этим объем камеры засыпки.

Горячее прессование деталей этой подгруппы осуществляется с использованием оснастки со схемой одностороннего прессования, т. к. для них $0,6 < hk_1k_2/d < 1$. Формующий инструмент должен иметь конфигурацию готового изделия, а размеры больше на величину усадки материала сформованной детали после ее охлаждения, а также на величину упругой деформации матрицы при ее нагружении.

Горячее формование изделий происходит только за счет осадки заготовки до практически беспористого состояния с минимальным поперечным течением материала (заполняется технологический зазор между стенками матрицы и нагретой заготовкой).

Для деталей простой формы с соотношением h/d в пределах $1 \dots 2$ необходимо использовать схемы двухстороннего прессования, что уменьшает неравномерность распределения плотности в прессовке, повышает ее качество, снижает усилие прессования, а следовательно, износ инструмента и необходимую мощность оборудования. На рисунке 5.1 приведена схема трех стадий одностороннего прессования металлических порошков.



1 – матрица; 2 – вкладыш; 3 – стержень; 4 – порошок; 5 – трубчатый пуансон; 6 – прессовка

Рисунок 5.1 – Три стадии одностороннего прессования

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

При холодном прессовании принимается погрешность 1 %, следовательно коэффициент увеличения размеров будет равен 1,01.

Процесс прессования состоит из трех стадий: засыпка порошка (см. рисунок 5.1, а); прессование подвижным пуансоном (см. рисунок 5.1, б); выпрессовка изделия (см. рисунок 5.1, 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).

Пресс-формы должны обеспечивать:

- формование изделий заданных форм и размеров с учетом их изменения при последующих операциях;
- равномерную плотность изделий по всему объему;
- отсутствие трещин, расслоений и др.;
- легкую выпрессовку изделий без разрушения;
- дозировку, прессование и выталкивание прессовки за один ход пресса.

Конструкция пресс-форм должна быть надежной в эксплуатации; детали ее должны иметь высокую поверхностную твердость, абразивную износостойкость, прочность. Пресс-формы должны быть просты в изготовлении, иметь минимальную стоимость, длительный срок службы и ремонтпригодность.

Все пресс-формы независимо от назначения и сложности детали имеют главные и второстепенные детали. К главным относятся: матрица (служит для обжатия порошка и формования внешней боковой поверхности заготовок), вкладыш (нижний пуансон со стержнем – для формования нижней торцевой и внутренней боковой поверхностей), верхний пуансон, передающий давление на порошок и формирующий верхний торец заготовки. Ход верхнего пуансона ограничивает необходимую высоту прессовки.

К второстепенным деталям относят ограничители, фиксаторы, сменные вставки, пружины, выталкиватели, крепеж, плиты и др.

Исходными данными для проектирования пресс-форм являются: направление прессования, технические характеристики пресса, технологические свойства порошковой смеси, максимальное давление прессования, степень уплотнения смеси в матрице, размеры изделия и плотность готового изделия. При изготовлении пресс-формы учитываются все технологические операции, которые следуют после спекания.

После определения технологических размеров пуансонов, стержней и других деталей проводится их расчет на прочность.

Цилиндрические изделия имеют усадку по высоте и значительно меньшую по диаметру. При $h = D$ усадка примерно одинаковая по высоте и диаметру.

Размеры внутреннего диаметра матрицы и диаметр стержня определяются размерами прессуемой заготовки с учетом свойств порошковой смеси, усадки при спекании и припуска на механическую обработку и калибровку.

Припуск на калибровку предусматривается в пределах 0,25...0,5 мм.

Для определения размеров толщины стенок матриц для обеспечения необходимой жесткости используют соотношения: $D/d = 2$ при боковом давлении до 200 МПа, $D/d = 3$, свыше 200 МПа. Для предупреждения расслоенных трещин на выходном конце матрицы предусматривают конусное расширение внутреннего канала с уклоном $0,5^\circ \dots 1^\circ$. Все детали пресс-формы подвергают закалке и отпуску с последующей шлифовкой и полировкой соприкасающихся поверхностей.

Зазоры при тонком порошке между скользящими деталями ПФ 0,012...0,013 мм.

Для изготовления ПФ используются инструментальные стали, обладающие

большой прокаливаемостью и высокой твердостью после закалки и отпуска: ХВГ, 9ХС, Х12Ф1, ХВ5, Х12М, 9Х, Х, 8ХФ, У10А, У7А, 45, 40Х, НРС 42...64.

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

6 Возможные дефекты прессовок и меры по их предотвращению

Наиболее распространенным видом брака является расслой – поперечные или диагональные трещины, нарушающие целостность прессовки. Их появление обусловлено тем, что при выталкивании прессовки из матрицы пресс-формы происходит два противоположных процесса: расширение выходящего из матрицы брикета и расширение перед этим сжатой матрицы. В результате имеющих место деформаций по границам их действия и возникают трещины. Причинами трещин могут быть технологические факторы и ошибки при конструировании ПФ и изделий из порошков.

Более вероятно возникновение трещин с уменьшением прочности брикетов (гладкие, окисленные и наклепанные частички порошка с обилием смазки), при высоких усилиях прессования в связи с ростом упругих сил в прессовке, в случае неравномерного распределения компонентов порошковых смесей по объему прессовки.

Неправильная конструкция ПФ (например, отсутствие конусности у матрицы со стороны выпрессовывания брикета из нее) или ее перекося при прессовании приводят к неравномерному сбросу усилия, что вызывает дополнительные напряжения в прессовке при удалении ее из матрицы.

К трещинам может привести слишком медленная выпрессовка брикета и остановки во время выпрессовывания. Способствует появлению трещин наличие в прессуемой заготовке тонких стенок или резких переходов.

Часто при прессовании наблюдается неравномерная плотность в отдельных местах прессовки или непропрессовка, вызванные неравномерным распределением порошка по объему ПФ, низким усилием прессования или занижением навески при прессовании до упора.

Возможен брак по размерам, связанный с увеличением упругого последствия в случае повышения жесткости порошка, неправильной конструкцией или размерами пресс-формы, неточностью дозирования порошка или нарушением режима прессования (завышением или занижением давления).

Задиры матрицы приводят к многочисленным рискам на поверхности прессовки, а высокая шероховатость рабочей поверхности пуансонов – к сколам на торцах прессовки, особенно на их кромках.

При появлении брака необходимо установить его причины и принять меры к их устранению путем подбора соответствующих давлений прессования, изменения размеров и конструкции пресс-формы или детали, а также варьируя свойства порошка.

Брак при прессовании составляет до 2 %...3 %. Бракованные по тем или иным признакам прессовки в большинстве случаев, хотя и не всегда, могут быть возвращены в производство после соответствующего дробления и измельчения. Иногда получаемый при этом порошок небольшими порциями подмешивают к исходному материалу.

Список литературы

- 1 **Гибсон, Я.** Технологии аддитивного производства / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. – Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 648 с.: ил.
- 2 **Материаловедение. Технология композиционных материалов: учебник для студентов вузов / А. Г. Кобелев [и др.].** – Москва: КНОРУС, 2020. – 270 с.
- 3 **Лахтин, Ю. М.** Материаловедение: учебник / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 6-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2011. – 528 с.
- 4 **Бычков, Г. В.** Материаловедение: в 4 ч. Ч. 4. Вопросы прочности и надежности металлов: конспект лекций / Г. В. Бычков, А. В. Смольянинов. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2009. – 57 с.
- 5 **Материаловедение: учебное пособие / И. М. Жарский [и др.].** – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 557 с.: ил.

**Приложение А
(рекомендуемое)**

Пример оформления титульного листа курсовой работы

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине

**«ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ
В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»**

на тему «Разработка процесса изготовления втулки подшипника скольжения
методами порошковой металлургии»

Выполнил: студент гр.

Проверил:

Приложение Б (рекомендуемое)

Пример задания по курсовой работе для дисциплины «Технология формообразования изделий из металлов в аддитивном производстве»

Белорусско-Российский университет

Факультет Машиностроительный

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

«01» сентября 2024 г.

Задание по курсовой работе

Студенту _____

1. Тема курсовой работы – Разработка процесса изготовления втулки подшипника скольжения методами порошковой металлургии

2. Срок сдачи курсовой работы 22.12.2024 г.

3. Исходные данные для курсовой работы (вариант № 1) _____

Рабочий чертеж детали

Тип производства – мелкосерийное

Режим работы цеха – односменный

*Материал изделия – сульфидированный железографит марок – **ЖГрК1***

Геометрические параметры втулки, мм:

$D_{нар}=40$; $D_{внутр}=20$;

$H=40$;

4. Содержание расчетно-пояснительной -записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке)

Согласно методическим указаниям.

5. Консультант Хабибуллин Александр Исмагилович

6. Дата выдачи задания 01.09.2024 г.

7. Календарный график работы (с назначением сроков выполнения)

Согласно графику деканата

Руководитель

(подпись)

Хабибуллин А. И.

Задание принял для выполнения

(подпись студента)

Пример чертежа изделия, получаемого из порошков металлов
в аддитивном производстве

