

Министерство образования Республики Беларусь

**Учебно-методическое объединение по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ В.А.Богуш

Регистрационный № ТД-_____

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

1-36 01 05 Машины и технология обработки материалов давлением

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию
в области машиностроительного
оборудования и технологий

_____ В.К.Шелег

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.А.Касперович

Проректор по научно-
методической работе
Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В.Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2017

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.А.Исаевич, профессор кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор;

С.А.Ленкевич, ассистент кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением» Белорусского национального технического университета

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Обработка материалов давлением» Учреждения образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого» (протокол № 10 от 26 октября 2017 г.);

М.В.Кудин, начальник Научно-исследовательской части Учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой «Машины и технология обработки металлов давлением» Белорусского национального технического университета (протокол № 3 от 16 октября 2017 г.);

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (секция «Совершенствование учебного процесса и учебно-нормативной документации») (протокол № _____ от _____ 2017 г.);

Секцией по специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» Учебно-методического объединения по образованию в области машиностроительного оборудования и технологий (протокол № _____ от _____ 2017 г.)

Ответственный за редакцию: Л.А.Исаевич

Ответственный за выпуск: Л.А.Исаевич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Технология листовой штамповки» разработана для специальности 1 – 36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением».

Основная цель дисциплины - подготовка специалистов, способных решать вопросы технологии промышленного производства деталей машин, аппаратов и приборов, а также правильно оценивать, разрабатывать и реализовывать новые наиболее перспективные и оптимальные технологические процессы листовой штамповки.

Задача дисциплины - формирование умений и навыков осуществлять общий анализ процессов листовой штамповки и способы интенсификации их, разрабатывать технологическую документацию на новую технологию, выбирать наиболее оптимальный вариант технологического процесса, рассчитывать его, осуществлять расчет, техническое и рабочее проектирование инструментальной оснастки.

Решение этих задач достигается с учетом указанной выше основной цели дисциплины на основе умений, навыков и знаний, приобретенных студентами к началу ее изучения, а именно:

- составления алгоритмов и программ для решения математических задач, знать дифференциальное и интегральное исчисление, решение дифференциальных уравнений, векторное и тензорное исчисление, предусмотренных в курсах «Информатика», «Математика»;

- чтения и составления рабочих и сборочных чертежей соответственно требованиям программы курса «Инженерная графика»;

- производить обоснованный выбор материалов элементов конструкций инструментальной оснастки с обоснованием норм твердости и видов термической и упрочняющей обработки соответственно требованиям программы курса «Материаловедение»;

- разрабатывать схемы деформирования, рассчитывать основные технологические и энергосиловые параметры процессов пластической деформации, знать основные понятия (дислокация, ресурс пластичности, упрочнение, сверхпластичность, интенсивность напряжений и деформаций, скорости деформаций, неразрывность деформаций и др.), основные величины, характеризующие состояние пластичности, параметры деформации при переходе в пластическое состояние и разрушение при пластическом деформировании, методы анализа напряженного и деформированного состояния, рассматриваемые в курсе «Теория обработки металлов давлением»;

- наметить принципиальную схему технологического процесса изготовления элементов конструкции инструментальной и технологической оснастки соответственно требованиям программы курса «Технология материалов»;

- осуществлять обоснованный выбор норм точности изготовления, допусков и посадок при проектировании инструментальной и технологической

оснастки соответственно требованиям программы курса «Нормирование точности и технические измерения»;

- производить расчеты на прочность, устойчивость и усталость при проектировании инструментальной и технологической оснастки соответственно требованиям курсов «Теория механизмов машин и манипуляторов» и «Детали машин».

В результате изучения учебной дисциплины «Технология листовой штамповки» студент должен:

знать:

- классификацию основных операций листовой штамповки;
- схемы деформирования и физическую сущность протекающих процессов при их выполнении, поле распределения напряжений и деформаций на разных участках очага деформаций;
- методику расчета основных технологических и энергосиловых параметров при выполнении операций листовой штамповки;

уметь:

- разрабатывать технологическую документацию на штамповку деталей;
- выбирать наиболее оптимальный вариант технологического процесса, рассчитывать его;
- осуществлять расчет, технологическое и рабочее проектирование инструментальной и технологической оснастки;

владеть:

- методикой определения механических и технологических свойств листового материала;
- методикой разработки технологических процессов листовой штамповки;
- навыками проектирования конструкции штампов, их узлов и деталей и расчета деталей штампов на прочность.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-10. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.
- АК-11. Применять соответствующий физико-математический аппарат, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике, химии, экологии для решения проблем, возникших в ходе профессиональной деятельности.

- СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в коллективе.
- ПК-1. Выбирать критерии оптимального построения технологических процессов пластического формообразования деталей.
- ПК-2. Создавать условия для соответствия режимов работы агрегатов (поточных линий, технологических участков) действующим правилам и нормам, используя результаты (данные) технологического процесса производства.
- ПК-3. Выявлять причины неоптимальности технологического процесса производства и разрабатывать пути их устранения на основе анализа показателей работы объектов производства и технического состояния оборудования.
- ПК-4. Принимать участие в развитии комплекса автоматизированных систем технологической подготовки производства для обеспечения своевременности, качества и надежности снабжения производства технологической оснасткой.
- ПК-5. Разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в создании стандартов и нормативов.
- ПК-6. Проводить технические разработки и на их основе принимать на современном уровне инженерные решения по уменьшению материало- и энергоемкости производства.
- ПК-7. Рассчитывать потери металла и анализировать технологичность выпускаемых изделий (поковок, штамповок и др.) в соответствии с технологическими возможностями предприятия.
- ПК-8. Подбирать необходимое технологическое оборудование для серийного и крупносерийного производства изделий.
- ПК-9. Определять причины и намечать пути предотвращения брака заготовок и деталей (поковок, штамповок и пр.).
- ПК-10. Выполнять технико-экономическое обоснование вариантов организации производства или реконструкции объекта производственной системы.
- ПК-14. Профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы.
- ПК-16. Производить своевременно ремонт и техническое обслуживание технологического оборудования и штамповой оснастки.
- ПК-17. Осуществлять оперативный контроль за функционированием технологических систем (агрегатов, линий, участков) и их элементов и режимами их работы.
- ПК-18. Обеспечивать необходимые технологии проведения ремонтов и проверять состояние элементов технологических систем после их ремонта, вести необходимую технологическую документацию по ремонту.
- ПК-19. Контролировать строгое соблюдение технологии.

На изучение учебной дисциплины «Технология листовой штамповки» отведено всего 208 часов, из них – 132 аудиторных часов.

Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий:

лекции – 82 ч.;

практические занятия – 34 ч.;

лабораторные занятия – 16 ч.

Предусмотрено выполнение курсового проекта.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела и темы	Количество аудиторных часов			
	лекции	практические занятия	лабораторные занятия	всего
Раздел 1. Введение	1			1
Тема 1.1. Общая характеристика технологии листовой штамповки	1			1
Раздел 2. Материалы для листовой штамповки и оценка их штампуемости	10		2	12
Тема 2.1. Материалы для листовой штамповки	1			1
Тема 2.2. Неметаллические материалы для листовой штамповки и особенности их деформирования	1			1
Тема 2.3. Изменение свойств листового металла в процессе обработки и с течением времени	2			2
Тема 2.4. Штампуемость. Методы оценки штампуемости листового материала	4		2	6
Тема 2.5. Корреляция результатов испытаний листовых материалов на штампуемость	2			2
Раздел 3. Основные положения теории листовой штамповки	4			4
Тема 3.1. Уравнение равновесия. Уравнение пластичности применительно к операциям листовой штамповки	4			4
Раздел 4. Разделительные операции листовой штамповки	19	4	2	25
Тема 4.1. Механизм деформирования в разделительных операциях. Оптимальный зазор	2			2
Тема 4.2. Расчет энергосиловых параметров и работа деформации в разделительных операциях	2			2
Тема 4.3. Отрезка на ножницах с возвратно-поступательным движением ножей	2			2
Тема 4.4. Отрезка на ножницах с вращательным движением ножей	2			2
Тема 4.5. Вырубка и пробивка	2	2	2	6
Тема 4.6. Энергосиловые характеристики процесса вырубки и пробивки	2			2
Тема 4.7. Специальные способы вырубки и пробивки	2			2
Тема 4.8. Чистовая вырубка и пробивка	2			2
Тема 4.9. Зачистка, надрезка и обрезка листового материала	1			1
Тема 4.10. Раскрой листового материала	2	2		2
Раздел 5. Формоизменяющие операции листовой штамповки	38	18	10	66
Тема 5.1. Общие положения анализа формоизменяющих операций	1			1
Тема 5.2. Гибка листового материала моментом и усилием	3			3

Тема 5.3. Определение размеров исходной заготовки при гибке	1	2		3
Тема 5.4. Упругое пружинение при гибке и минимальный допустимый радиус гибки	2		4	6
Тема 5.5. Конструктивные элементы гибочных штампов	3	2		5
Тема 5.6. Специальные способы гибки	2			2
Тема 5.7. Процесс вытяжки листового материала	2		2	4
Тема 5.8. Расчет силовых параметров и работа деформации при вытяжке	2			2
Тема 5.9. Многооперационная осесимметричная вытяжка	2		2	4
Тема 5.10. Методы определения размеров заготовки для вытяжки деталей типа тел вращения	2	2		4
Тема 5.11. Вытяжка цилиндрических деталей с широким фланцем	2	2		4
Тема 5.12. Вытяжка ступенчатых и конических деталей	2	2		4
Тема 5.13. Последовательная вытяжка деталей в ленте	2	2		4
Тема 5.14. Вытяжка коробчатых деталей	2			2
Тема 5.15. Определение формы и размеров плоской заготовки при вытяжке коробчатых деталей	2	2		4
Тема 5.16. Вытяжка цилиндрических деталей с утонением стенок	2	2	2	6
Тема 5.17. Вытяжка кузовных (облицовочных) деталей	2			2
Тема 5.18. Конструктивные элементы вытяжных штампов	2	2		4
Тема 5.19. Отбортовка отверстий. Раздача и обжим. Рельефная формовка, правка и чеканка	2			2
Раздел 6. Проектирование технологических процессов и штампов листовой штамповки	6	6	2	14
Тема 6.1. Технологичность конструкции листовых штампованных деталей	1			1
Тема 6.2. Штампы для листовой штамповки, расчет деталей штампов на прочность	3	2	2	7
Тема 6.3. Методика проектирования штампов	2	4		6
Раздел 7. Совершенствование технологии листовой штамповки	4	6		10
Тема 7.1. Выбор оптимального варианта технологического процесса листовой штамповки	2	2		
Тема 7.2. Мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии в прессовых цехах	1	2		
Тема 7.3. Методика анализа технико-экономического уровня технологии листовой штамповки	1	2		
	82	34	16	132

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Введение

Тема 1.1 Общая характеристика технологии листовой штамповки

Область и масштабы применения технологии листовой штамповки, ее значение в общем комплексе технологии машиностроения. Достоинства листовой штамповки. История развития, современное состояние и перспективы развития технологии листовой штамповки.

Объем и последовательность изучения дисциплины. Литература.

Общие положения штамповки листового материала. Понятие о рабочем инструменте и штампе. Классификация операций листовой штамповки и их характеристика.

Раздел 2. Материалы для листовой штамповки и оценка их штампуемости

Тема 2.1 Материалы для листовой штамповки

Соображения по выбору материала для штампуемых деталей. Характеристика листового проката в виде листов, полос, ленты, рулонов, холодно- и горячекатаного.

Характеристика холоднокатаных низколегированных сталей повышенной прочности, в том числе двухфазных сталей с ферритно-мартенситной структурой (ДФМС). Легированные листовые стали (хромистые и хромо-никелевые коррозионно- и жаростойкие), их характеристика и область применения.

Стальной листовой прокат специального назначения: декапированная сталь, жель биметаллы и т.п. Листовой прокат из цветных металлов и сплавов. Назначение. Характеристики. Применение.

Сортамент листового проката. Маркировка. ГОСТы.

Тема 2.2 Неметаллические материалы для листовой штамповки и особенности их деформирования

Неметаллические материалы, применяемые для листовой штамповки: особенности структуры, физических и механических свойств, область применения. Особенности деформирования неметаллических материалов. Пластические массы слоистой и гомогенной структуры, материалы на основе бумаги и резины, материалы минерального происхождения, комбинированные материалы. Композиционные материалы (композиты), их особенности, область применения.

Тема 2.3 Изменение свойств листового металла в процессе обработки и с течением времени

Появление линий течения и скольжения (неглубоких рисок и углублений) на поверхности листовой стали при штамповке с небольшими степенями деформации. Линии течения в условиях двухосного растяжения хаотично расположены, линии скольжения в условиях сжато-растянутой схемы напряженного состояния имеют определенный рисунок. Причины появления линий течения и скольжения и факторы, влияющие на их появление. Меры борьбы (дрессировка, многовалковая гибка).

Коррозионное растрескивание. Причины появления, меры борьбы с коррозионным растрескиванием.

Деформационное и естественное («временное») старение металла. Меры борьбы со старением. Текстура деформации. Образование «фестонов». Влияние исходной анизотропии на «фестонообразование».

Тема 2.4 Штампуемость. Методы оценки штампуемости листового материала

Понятие штампуемости. Факторы, влияющие на штампуемость: хим. состав, размер и форма зерен, наличие и форма неметаллических включений, структурное состояние, тип кристаллической решетки, исходная анизотропия, склонность к деформационному старению, полосчатость микроструктуры, качество поверхности, наличие внешних и внутренних дефектов и т.д.

Способы испытания листовых материалов.

Физико-химические исследования (химический анализ и металлографические исследования).

Механические испытания (испытание на растяжение, определение твердости и др.). Влияние характеристик механических свойств на штампуемость металла, в том числе коэффициента нормальной анизотропии A_n показателя деформационного упрочнения φ и относительного равномерного удлинения δ . Влияние твердости на штампуемость металла, методы определения твердости листового материала (по Бринеллю, Роквеллу, Викерсу, испытание на микротвердость). Корреляция результатов испытаний.

Технологические испытания (технологические пробы), назначение, методика проведения.

Испытания на вырубку-пробивку для определения сопротивления срезу и высоты блестящего пояса, испытания на перегиб и изгиб, испытания на глубину формовку лунки (по А.Эриксену).

Дополнительные способы технологических испытаний – вытяжка цилиндрического колпачка с последующим отрывом дна (метод Энгельгардта-Гросса, А.Ю.Аверкиева), вытяжка конического колпачка (метод Фукуи), расширение отверстия - отбортовка (метод А.Зибеля и А.Помпа), протягивание клинового образца (метод Г.Закса), вытяжка колпачка в условиях динамического нагружения (метод Петраша) и др.

Тема 2.5 Корреляция результатов испытаний листовых материалов на штампуемость

Понятие о ресурсе пластичности. Коэффициент локального использования пластичности по А.Д.Томленову, коэффициент использования ресурса пластичности по В.Л.Колмогорову, их применение при оценке штампуемости металла.

Диаграммы предельных деформаций по С.П.Келеру, Г.М.Гудвину (США), И.П.Ренне, методика построения и использования.

Раздел 3. Основные положения теории листовой штамповки

Тема 3.1 Уравнение равновесия. Уравнение пластичности применительно к операциям листовой штамповки

Напряженно-деформированное состояние. Влияние различных факторов на процесс пластической деформации при листовой штамповке. Уравнение равновесия. Уравнение пластичности применительно к операциям листовой

штамповки. Учет влияния силы трения, упрочнения на поле напряжений и деформаций. Методика учета влияния изгиба на поле напряжений.

Раздел 4. Разделительные операции листовой штамповки

Тема 4.1 Механизм деформирования в разделительных операциях.

Оптимальный зазор

Механизм деформирования в разделительных операциях. Размерные характеристики инструмента в разделительных операциях. Характер деформирования заготовки, схема действия сил. Развитие очага деформации во времени. Стадии деформирования.

Схемы напряженного состояния, эпюры напряжений и деформаций в очаге деформации. Характер поверхности среза - зоны скругления, смятия, скалывания, блестящий пояс. Условия встреч трещин скалывания. Понятие об оптимальном зазоре. Факторы, влияющие на величину оптимального зазора. Влияние зазора на качество поверхности среза.

Тема 4.2 Расчет энергосиловых параметров и работа деформации в разделительных операциях

Изменение усилия деформирования по пути. Влияние упрочнения и поворота главных кристаллографических осей на максимальное усилие деформирования. Величина бокового усилия. Работа деформирования.

Величина упрочненной зоны. Факторы, влияющие на величину зоны пластической деформации – свойства материала заготовки, скорость деформирования, величина зазора, степень притупления режущих кромок. Образование торцевого заусенца.

Понятие сопротивления срезу в разделительных операциях.

Особенности процесса разделения неметаллических материалов.

Тема 4.3 Отрезка на ножницах с возвратно-поступательным движением ножей

Характеристика операции «отрезка». Отрезка на ножницах с возвратно-поступательным движением ножей – с параллельным и наклонным расположением режущих кромок. Схемы отрезки. Области применения.

Факторы, влияющие на искажение формы отрезаемой заготовки.

Усилие, боковые усилия и работа деформирования при отрезке. Зазор между режущими кромками. Конструкции и материал ножей. Главные параметры ножниц.

Тема 4.4 Отрезка на ножницах с вращательным движением ножей

Область применения. Условия захвата. Минимальный диаметр ножа (диска), обеспечивающий устойчивый процесс отрезки. Усилие отрезки и крутящий момент.

Возможные схемы взаимного расположения ножей. Двухдисковые и многодисковые ножницы, области их применения. Продольная отрезка широкорулонной ленты на специализированных линиях продольной резки.

Отрезка в штампах. Особенности отрезки профильного проката. Особенности отрезки труб. Схемы штампов.

Характеристика операции «вырезка». Вырезка на дисковых ножницах с наклонным расположением ножей. Особенности их настройки. Факторы, влияющие на величину минимального радиуса кривизны вырезаемого контура.

Вырезка на вибрационных ножницах. Особенности их настройки и эксплуатации.

Тема 4.5 Вырубка и пробивка

Характеристика операций вырубки и пробивки, назначение, область применения. Форма очага пластической деформации. Схемы действия сил и напряженного состояния в очаге деформации, характер распределения напряжений и деформаций. Причины, вызывающие неравномерное распределение напряжения и деформаций по очагу деформации.

«Направление» зазора. Влияние зазора между пуансоном и матрицей на значение упругих деформаций. Методика определения исполнительных размеров рабочих частей пуансонов и матриц при вырубке и пробивке.

Тема 4.6 Энергосиловые характеристики процесса вырубки и пробивки

Усилие при вырубке и пробивке. График изменения усилия деформирования по ходу движения пуансона. Способы уменьшения усилия. Применение скошенных режущих кромок матрицы и пуансона. Совмещение вырубки с гибкой при скосах на пуансоне.

Перемычки при вырубке. Назначение перемычек и факторы, влияющие на рекомендуемую величину перемычек. Определение ширины исходной полосы, ленты и шага подачи.

Усилие проталкивания и съема. Точность при вырубке и пробивке. Факторы, влияющие на точность.

Тема 4.7 Специальные способы вырубки и пробивки

Особенности вырубки и пробивки при высоких скоростях деформирования.

Многопуансонная пробивка. Минимальные размеры пробиваемых отверстий. Факторы, влияющие на минимальные размеры пробиваемых отверстий. Способы пробивки отверстий с размерами, значительно меньшими толщины заготовки.

Особенности вырубки и пробивки неметаллических материалов.

Тема 4.8 Чистовая вырубка и пробивка

Сущность способов чистовой вырубки и пробивки, особенности процесса, область применения.

Чистовая вырубка со сжатием. Схема рабочего инструмента, последовательность его работы. Назначение клинового ребра. Вырубка пуансоном полнее матрицы (с «отрицательным зазором»), с притуплением режущей кромки матрицы, в матрице с обратным конусом.

Чистовая пробивка пуансоном с притупленной режущей кромкой, ступенчатым и конусным пуансоном.

Тема 4.9 Зачистка, надрезка и обрезка листового материала

Зачистка наружного и внутреннего контуров. Схемы процесса. Область применения. Влияние величины припуска на точность и чистоту поверхности среза. Рекомендуемые величины припусков под зачистку. Усилие зачистки.

Расчет размеров пуансонов и матриц. Вырубка и пробивка с учетом последующей зачистки. Зазоры при зачистке.

Способы зачистки наружного контура: пуансоном меньше матрицы, пуансоном больше матрицы (с «отрицательным зазором»), зачистка обжатием (калибровка).

Совмещение вырубki с зачисткой и пробивка с зачисткой в одном штампе. Виброзачистка. Влияние смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на чистоту поверхности и стойкость инструмента.

Характеристика операции надрезки. Деформирование заготовки при надрезке. Односторонняя надрезка. Двусторонняя надрезка. Схемы. Предельные степени деформации. Изготовление «безотходной» сетки. Конструкция рабочего инструмента для надрезки и его размерные характеристики.

Характеристика операции обрезки. Применение. Способы обрезки. Обрезка на станках резцами и дисковыми ножницами. Обрезка в штампах. Схемы штампов для обрезки фланца. Величина припуска на обрезку.

Совмещение вытяжки с обрезкой на первом и последующих переходах вытяжки. Схема штампа для обрезки торца детали с движением инструмента по замкнутому контуру.

Тема 4.10 Раскрой листового материала

Понятие о раскрое. Показатели эффективности раскроя. Определение коэффициента использования материала, коэффициента раскроя. Влияние величины перемишки на ширину исходной полосы, ленты и шаг подачи.

Типы раскроев, области их применения. Способы отыскания оптимального раскроя. Оптимизация раскроя с помощью ЭВМ. Программное обеспечение. Пути повышения эффективности раскроя.

Раздел 5. Формоизменяющие операции листовой штамповки

Тема 5.1 Общие положения анализа формоизменяющих операций

Краткая методика анализа формоизменяющих операций. Принимаемые допущения. Оценка методов решения задач применительно к операциям листовой штамповки: совместного решения приближенных дифференциальных

уравнений равновесия и пластичности, «инженерного», характеристик, верхней оценки, баланса работ, конечных элементов и т.д.

Используемые для анализа уравнения: равновесия, пластичности, связи напряжений и деформаций, несжимаемости. Методика учета на поле напряжений: изгиба и спрямления, изменения толщины заготовки, упрочнения.

Тема 5.2 Гибка листового материала моментом и усилием

Характер деформирования заготовки при гибке моментом. Зоны растяжения и сжатия. Зона немонотонной деформации.

Понятия: срединная поверхность, нейтральные поверхности напряжений и деформаций. Их радиусы кривизны.

Поля напряжений и деформаций при изгибе широкой и узкой полос моментом. Величина изгибающего момента. Величина усилия гибки и его изменение в процессе гибки.

Тема 5.3 Определение размеров исходной заготовки при гибке

Определение размеров исходной заготовки при гибке по прямой определенного радиуса, под углом без закругления, при гибке толстых материалов.

Минимальный допустимый радиус гибки и факторы, влияющие на его величину.

Тема 5.4 Упругое пружинение при гибке и минимальный допустимый радиус гибки

Упругое пружинение и факторы, влияющие на его величину. Способы компенсации угла пружинения. Точность деталей, полученных гибкой. Минимальный допустимый радиус гибки и факторы, влияющие на его величину.

Тема 5.5 Конструктивные элементы гибочных штампов

Расчет исполнительных размеров пуансонов и матриц гибочных штампов.

Тема 5.6 Специальные способы гибки

Специальные способы гибки: с растяжением, сжатием. Схемы процесса. Область применения.

Технологические схемы профилирования.

Тема 5.7 Процесс вытяжки листового материала

Вытяжка листовых материалов. Характеристика процесса. Способы вытяжки и область применения. Анализ напряженно-деформированного состояния. Степень деформации и коэффициенты вытяжки. Предельная степень деформации при вытяжке. Анизотропия и ее влияние на вытяжку.

Тема 5.8 Расчет силовых параметров и работа деформации при вытяжке

Расчет силовых параметров, работа деформации при вытяжке. Факторы, влияющие на величину максимальных напряжений в опасном сечении и соответственно усилие вытяжки.

Тема 5.9 Многооперационная осесимметричная вытяжка

Многооперационная осесимметричная вытяжка. Формоизменение заготовки. Схема напряженного и деформированного состояния, распределение напряжений в очаге деформаций при последующих операциях вытяжки заготовки. Усилие вытяжки. Деформирование краевой части заготовки. Расчет числа операций при многопереходной вытяжке.

Тема 5.10 Методы определения размеров заготовки для вытяжки деталей типа тел вращения

Аналитический, графический и графоаналитический методы определения размеров заготовки для вытяжки деталей типа тел вращения.

Тема 5.11 Вытяжка цилиндрических деталей с широким фланцем

Вытяжка цилиндрических деталей с широким фланцем. Основные правила. Расчетная схема объемного перераспределения металла. Усилие деформации. Способ проталкивания полуфабриката в матрицу при вытяжке деталей с широким фланцем.

Тема 5.12 Вытяжка ступенчатых и конических деталей

Вытяжка ступенчатых и конических деталей. Формоизменение заготовки. Силовые параметры процесса. Варианты многопереходной вытяжки конических деталей.

Тема 5.13 Последовательная вытяжка деталей в ленте

Многооперационная последовательность вытяжки в ленте. Область применения. Способы вытяжки в ленте. Форма подрезов в ленте. Технологические расчеты процесса последовательной вытяжки в ленте.

Тема 5.14 Вытяжка коробчатых деталей

Вытяжка коробчатых деталей. Схемы формоизменения и напряженно-деформированного состояния заготовки в процессе вытяжки коробчатых деталей. Распределение напряжений в части фланца на угловых скруглениях при вытяжке коробчатой детали.

Тема 5.15 Определение формы и размеров плоской заготовки при вытяжке коробчатых деталей

Расчет формы, размеров плоской заготовки и выбор способа построения контура при вытяжке низких, средних и высоких коробчатых деталей.

Тема 5.16 Вытяжка цилиндрических деталей с утонением стенок

Вытяжка цилиндрических деталей с утонением стенок. Схема процесса. Напряженно-деформированное состояние. Степени деформации при вытяжке с утонением. Установление числа операций. Усилия деформации при вытяжке с утонением.

Тема 5.17 Вытяжка кузовных (облицовочных) деталей

Вытяжка кузовных (облицовочных) деталей. Особенности технологии штамповки кузовных деталей. Разработка вытяжных переходов при изготовлении кузовных деталей.

Тема 5.18 Конструктивные элементы вытяжных штампов

Выбор радиусов закругления матрицы и пуансонов вытяжных штампов, зазора между матрицей и пуансоном. Расчет исполнительных размеров вытяжных матриц и пуансонов.

Роль смазки при вытяжке, характеристика смазок.

Тема 5.19 Отбортовка отверстий. Раздача и обжим.

Рельефная формовка, правка и чеканка

Сущность процесса формоизменения заготовки при отбортовке отверстий. Напряженно-деформированное состояние. Коэффициент отбортовки и факторы, влияющие на его величину. Расчет силовых и технологических параметров при отбортовке отверстий.

Отбортовка с утонением материала, отверстий сложной формы и наружного контура.

Технологические схемы процессов. Схема внешних и внутренних сил при раздаче и обжиге и напряженно-деформированное состояние очага деформации. Степень деформации и предельный коэффициент деформирования. Расчет геометрических параметров заготовки. Усилие деформирования и работа деформации при раздаче и обжиге. Виды дефектов. Качество изделий.

Характеристика процесса формовки. Усилие формовки. Назначение и технологические схемы правки. Сущность чеканки. Силовые параметры процесса.

Раздел 6. Проектирование технологических процессов и штампов листовой штамповки

Тема 6.1 Технологичность конструкции листовых штампованных деталей

Общие технологические требования к конструкции листовых штамповочных деталей. Показатели технологичности.

Технологичность конструкции деталей, изготовленных с помощью разделительных операций (отрезка, вырубка, пробивка). Технологичность конструкции деталей, изготовленных с помощью формоизменяющих операций.

Точность листоштампованных деталей, изготовленных посредством разделительных и формоизменяющих операций. Нормы точности.

Способы повышения технологичности конструкций листовых штампованных деталей.

Технологическая подготовка производства. Элементы системы автоматизированного проектирования технологических процессов листовой штамповки. Содержание технологической подготовки производства.

Содержание работ при проектировании и расчете технологических процессов. Этапы и порядок разработки технологических процессов листовой штамповки.

Выбор оптимального варианта технологического процесса. Формирование технического задания на проектирование штампа. Технологическая документация.

Сущность и назначение системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). Информационная база программной системы. Технологические средства САПР ТП.

Тема 6.2 Штампы для листовой штамповки, расчет деталей штампов на прочность

Классификация и типовая конструкция штампа. Классификация штампов по технологическому, конструктивному, эксплуатационному признаку, по количеству одновременно выполняемых операций за один проход прессы.

Типовая конструкция штампа. Назначение основных элементов штампа.

Материалы и термическая обработка рабочих деталей штампов. Требования к сталям для изготовления рабочих деталей штампов, их характеристика. Область применения сталей, модифицированного чугуна и сплавов на основе цинка для изготовления деталей штампов. Термическая обработка деталей штампов, область применения незакаленного инструмента.

Стойкость рабочих деталей штампов. Методы определения норм стойкости. Факторы, влияющие на стойкость штампов. Химико-термические и физические способы повышения стойкости штампов. Использование инструмента, армированного твердыми сплавами (вставками).

Элементы расчеты деталей штампов на прочность, устойчивость, жесткость. Расчет пуансонов малого диаметра на прочность и устойчивость. Расчет матриц на прочность. Приближенный расчет плит штампов. Определение центра давления штампа.

Тема 6.3 Методика проектирования штампов

Порядок и этапы проектирования штампов. Исходные данные. Выбор и обоснование конструктивной схемы штампа. Подбор стандартных деталей и сборочных единиц. Поверочный расчет на прочность и жесткость отдельных деталей штампа. Технологические расчеты.

Компоновка деталей штампа. Требования техники безопасности и промышленной эстетики в конструкциях штампов.

Основные правила выполнения сборочных чертежей штампов.

Сущность системы автоматизированного проектирования штампов (САПР Ш). Организационно-методическое, программное, методическое и информационное обеспечение системы. Типовая схема функционирования системы автоматизированного проектирования штампов.

Раздел 7. Совершенствование технологии листовой штамповки

Тема 7.1 Выбор оптимального варианта технологического процесса листовой штамповки

Выбор оптимального варианта технологического процесса с учетом экономических показателей, повышения качества деталей, облегчения условий труда. Возможность отыскания оптимума на стыке смежных технологий (штампо-сварные конструкции).

Использование ЭВМ и создания САПР для оптимизации раскроя исходного материала, проектирования штампов и технологических процессов.

Проектирование технологических процессов для гибких производств. Интенсификация технологических процессов листовой штамповки и повышение допустимых степеней деформации.

Совершенствование методики расчета и проектирования технологических процессов на основе широкого использования аналитических решений теории обработки металлов давлением с привлечением ЭВМ как для расчетов, так и для оптимизации. Применение компьютерного моделирования на ЭВМ.

Тема 7.2 Мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии в прессовых цехах

Требования по технике безопасности и производственной санитарии: к производственным помещениям и цеховому транспорту, к ручному инструменту и приспособлениям, к штамповой оснастке, к оборудованию, применяемому в прессовых цехах.

Тема 7.3 Методика анализа технико-экономического уровня технологии листовой штамповки

Технико-экономическая характеристика технологии листовой штамповки. Методика анализа технико-экономического уровня листовой штамповки.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Аверкиев, Ю.А. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов по специальностям «Машины и технология обработки металлов давлением» и «Обработка металлов давлением». / Ю.А.Аверкиев, А.Ю.Аверкиев. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
2. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машина и технология обработки металлов давлением». – 3-е изд., перераб. и доп. / М.Е.Зубцов. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отд., 1980. – 432 с.
3. Попов, Е.А. Основы теории листовой штамповки: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Е.А.Попов. – М.:Машиностроение, 1977. – 278 с.

Дополнительная литература

1. Ковалёв, В.Г. Технология листовой штамповки. Технологическое обеспечение точности и стойкости : учебное пособие / В.Г. Ковалёв, С.В. Ковалёв. – М.: КНОРУС, 2010. — 224 с.
2. Кокорин, В.Н. Технологические расчеты в процессах холодной листовой штамповки. Учебное пособие / В.Н. Кокорин, К.К.Мертенс, Ю.А.Титов, А. А.Григорьев. - Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 36 с.
3. Килов, А.С. Производство заготовок. Листовая штамповка. / А.С.Килов, К.А.Килов // Серия учебных пособий из шести книг. Книга 2. Получение заготовок из листового материала и гнутые профили: - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 182с.
4. Никитенко, В.М. Штампы листовой штамповки. Технология изготовления штамповой оснастки: текст лекций. В 2 ч. Ч. 1 / В.М.Никитенко, Ю.А. Курганова. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 68 с.
5. Аверкиев, А.Ю. Методы оценки штампуемости листового металла. / А.Ю.Аверкиев. – М.: Машиностроение, 1985. – 176 с.
6. Бабаев, Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ. /Ф.В.Бабаев. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.
7. Горбунов, М.Н. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов: Учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. / М.Н.Горбунов. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
8. Григорьев, Л.А. Автоматизированное проектирование в холодной листовой штамповке. / Л.А.Григорьев. – Л.: Машиностроение, 1984. – 280 с.
9. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./ Ред. совет: Е.И.Семенов (предс.) и др. – М.: Машиностроение. Т.1, 1985. – 568 с., Т. 4, 1987. – 544 с.
10. Мещерин, В.Т. Листовая штамповка (атлас схем). 3-е изд. перераб. и доп. / В.Т.Мещерин. – М.: Машиностроение, 1975.- 226 с.

11. Михаленко, Ф.П. Стойкость разделительных штампов. – 2-е изд. перераб. и доп. / Ф.П.Михаленко. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
12. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд. перераб. и доп. / В.П.Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
13. Скворцов, Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. / Г.Д.Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
14. Степанов, В.Г. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов. / В.Г.Степанов, И.А.Шавров. – Л.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
15. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / М.В.Сторожев, Е.А.Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
16. Теория пластических деформаций металлов / Е.П.Унксов, У.Джонсон, В.Л.Колмогоров и др. Под ред. Е.П.Унксова, А.Г.Овчинникова. – М.: Машиностроение, 1983. – 598 с.
17. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общ. ред. Л.И.Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
18. Технологичность конструкций изделий: Справочник / Т.К.Алферова, Ю.Д.Амиров, П.Н.Волков и др.: Под ред. Ю.Д.Амирова. – М.: Машиностроение, 1986. – 368 с.
19. Стеблюк, В.И. Технология листовой штамповки. Курсовое проектирование. / В.И.Стеблюк, В.Л.Марченко, В.В.Белов, А.Г.Грива-чевский. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 280 с.
20. Яковлев, С.П. Штамповка анизотропных заготовок. / С.П.Яковлев, В.Д.Кухарь. – М.: Машиностроение, 1986. – 136 с.
21. Дурандин, М.И. и др. Штампы для холодной штамповки мелких деталей (альбом конструкций и схем). – М.:Машиностроение, 1978.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка курсового проекта по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым заданиям.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;

- защита выполненных на практических и лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- защита курсового проекта;
- сдача зачета по дисциплине;
- сдача экзамена.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Изучение типовых конструкций штампов простого, последовательного и совмещенного действия для разделительных и формообразующих операций листовой штамповки.
2. Изучение некоторых типовых деталей штампов технологического назначения и конструктивного характера, их крепления.
3. Определение центра давления штампа.
4. Определение размеров исходной заготовки при гибке, вытяжке деталей типа тел вращения, коробчатой формы.
5. Расчет исполнительных размеров рабочих частей пуансонов и матриц при вырубке, пробивке, гибке и вытяжке.
6. Расчет буферных устройств штампа.
7. Расчет штампа для вырубki и пробивки.
8. Расчет и проектирование гибочного штампа.
9. Расчет зачистного штампа.
10. Расчет и проектирование штампа для вытяжки цилиндрических деталей.
11. Расчет штампа для вытяжки деталей с широким фланцем.
12. Разработка технологического процесса последовательной вытяжки в ленте с надрезом и проектирование штампа.
13. Разработка технологического процесса и проектирование штампа для вытяжки прямоугольных деталей.
14. Расчет штампа для вытяжки конических деталей.
15. Расчет штампа для отбортовки отверстий.

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Определение штампуемости листового материала.
2. Исследование процесса вырубki листового металла в штампах.
3. Определение показателей пружинения при гибке листового металла в штампах.
4. Определение минимального радиуса изгиба листовых заготовок.
5. Изучение вытяжки без прижима цилиндрических деталей из плоской заготовки.
6. Изучение процесса многооперационной вытяжки без прижима.
7. Исследование процесса вытяжки с утонением стенки.

8. Изучение конструкций штампов для листовой штамповки путем их разборки, сборки, наладки.

Примерное содержание курсового проекта

Цель курсового проекта - приобретение практических навыков самостоятельного проектирования технологических процессов листовой штамповки и конструирования штампов.

Курсовое проектирование развивает навыки самостоятельной работы, дает возможность студенту закрепить и углубить полученные знания, научиться умело использовать справочные материалы, периодическую отечественную и зарубежную научно-техническую литературу, материалы технической информации и т.п.

Проектирование и расчет технологического процесса предусматривает: анализ технологичности заданной детали, анализ возможных вариантов изготовления детали и выбор наиболее экономически целесообразного варианта, определение размеров и формы заготовки, выбор исходного материала и его раскрой, расчет технологических и энергосиловых параметров процесса, выбор оборудования, выбор схем организации рабочих мест.

Конструирование и расчет штампов включает: выбор типа штампа и отдельных его сборочных единиц, расчет исполнительных размеров рабочего инструмента, расчет отдельных деталей штампа на прочность, устойчивость, жесткость, составление конструктивных схем всех штампов, необходимых для изготовления детали, выполнение сборочных чертежей с элементами автоматизации и механизации и частичную детализацию.

Общий объем графической части проекта 4 - 5 листов формата А1.

Расчетно-пояснительная записка объемом 20-30 страниц рукописного текста формата А4 должна содержать технико-экономическое обоснование разрабатываемого технологического процесса, его актуальность и преимущества по сравнению с другими способами, определение размеров заготовки и исходного материала; расчеты технологических и энергосиловых параметров (предельного формоизменения, необходимого количества переходов, величин напряжений в опасном сечении, деформирующих усилий, работы деформирования и т.д.); выбор необходимого оборудования, расчет себестоимости.

В записке приводятся расчеты штампов и оснастки, описание их конструкции и работы, даются результаты теоретического анализа и экспериментальных исследований; показывается как результаты исследований использованы при разработке технологического процесса и штампов; указывается список использованной литературы и спецификации.

Желательно, чтобы курсовое проектирование сопровождалось использованием САПР.

Задание выдается индивидуально каждому студенту.

Пример задания на курсовой проект.

Тема: «Разработать технологический процесс листовой штамповки детали и спроектировать штамп для ее изготовления».

Исходные данные:

- чертеж детали, на котором должны быть проставлены все необходимые размеры, указана точность изготовления и чистота обработки, средства механизации и автоматизации.

В задании указывается содержание и объем проекта.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты, «мозговой штурм» и другие формы и методы), реализуемые на практических занятиях и конференциях;
- проектные технологии, используемые при проектировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении курсового проекта.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Сформулируйте признаки классификации операций листовой штамповки.
2. Приведите уравнения пластичности используемые при анализе операций листовой штамповки.
3. Назовите методы оценки штампуемости металла и факторы, влияющие на нее.
4. Объясните появление линий течения, возникновение сезонного растрескивания и старения.
5. Назовите стадии процесса деформирования при разделительных операциях.
6. Сформулируйте особенности деформирования при отрезке ножами с поступательным и вращательным движением.
7. Сформулируйте особенности конструкции ножей для вырезки.
8. Приведите факторы, влияющие на качество поверхности среза при отрезке, вырезке, вырубке и пробивке.
9. Объясните механизм деформирования при зачистке и калибровке.
10. Сформулируйте особенности деформирования при надрезке.
11. Приведите способы обрезки краевой части полуфабриката.
12. Приведите факторы, влияющие на углы пружинения при гибке.
13. Сформулируйте особенности гибки профильных заготовок.
14. Приведите факторы, влияющие на предельный коэффициент вытяжки.
15. Назовите особенности деформирования на последующих переходах вытяжки цилиндрических деталей.

16. Опишите механизм деформирования при вытяжке с утонением стенки.
17. Нарисуйте схему распределения напряжений и особенности деформирования при комбинированной вытяжке.
18. Сформулируйте особенности процесса вытяжки в ленте.
19. Опишите механизм деформирования при обжиге.
20. Приведите факторы, влияющие на предельную степень деформации при обжиге.
21. Нарисуйте схему распределения напряжений при отбортовке и приведите факторы, влияющие на предельную степень деформации.
22. Опишите механизм деформирования при раздаче и приведите факторы, влияющие на предельную степень деформации.
23. Опишите механизм деформирования при формовке.
24. Назовите основные типы и особенности строения неметаллических и композиционных штампуемых материалов.
25. Перечислите основные технологические операции штамповки листовых пластмасс.
26. Назовите параметры шероховатости поверхности и дефекты, возникающие при вырубке-пробивке слоистых и волокнистых материалов.
27. Перечислите типы штампов, применяемых для вырубки деталей из неметаллических материалов с высокими и невысокими требованиями к качеству детали.
28. Укажите назначение и сущность подготовки заготовок к листовой штамповке.
29. Назовите признаки классификации штампов по способу действия, направлению, характеру выполняемых операций.
30. Укажите типовые конструкции штампа и основные группы деталей штампа.
31. Расскажите о марках материалов пуансонов и матриц, о требованиях к материалу и их термообработке.
32. Приведите особенности механизма деформирования при разделении листовых заготовок эластичным инструментом. Представьте конструкцию универсального штампа и свойства эластичного материала.
33. Представьте механизм деформирования при вытяжке жестким пуансоном в эластичную матрицу. Изобразите схему процесса.
34. Приведите особенности механизма деформирования листовой заготовки при гибке и отбортовке эластичным инструментом. Укажите меридиональные растягивающие напряжения и представьте схемы процессов.
35. Изобразите схемы формовки плоских и пространственных заготовок эластичным пуансоном и сильфонов эластичным пуансоном в разъемных матрицах
36. Назовите особенности процесса деформирования при штамповке листовых заготовок жидкостным пуансоном в жесткую матрицу и жестким пуансоном в жидкостную матрицу. Представьте конструкции штампов.