УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе,
доктор технических наук, профессор
Воротилин Михаил Сергеевич

«19» марта 2024 г.

ОТЗЫВ
ведущей организации на диссертационную работу
Кузина Александра Олеговича
«Снижение пружинения при двухугловой гибке за счет использования упругих элементов в штамповой оснастке»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением

Актуальность темы диссертации

Холодная листовая штамповка является широко распространенной и прогрессивной разновидностью технологии обработки металлов давлением, использующей в качестве исходной заготовки листовой материал (лист, полоса, лента). Двухугловая гибка является одной из наиболее распространенных формоизменяющих операций холодной штамповки, которая широко используется для получения разнообразных деталей из листового материала. Однако, при двухугловой гибке возникают проблемы с упругим пружинением, что может привести к нежелательным деформациям и снижению качества изделий. Снижение упругого пружинения важно для снижения затрат на производство. Представленная работа посвящена решению актуальной задачи теоретического и экспериментального обоснования способа двухугловой гибки плоских заготовок в штампе с упругими планками, обеспечивающего получение изделий требуемой точности формы за счет компенсации угла пружинения.

Структура и содержание работы

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 89 источников и одного приложения. Ос-

Входящий № 206-1831
Дата 25 МАР 2024
Самарский университет

новной материал изложен на 137 страницах машинописного текста, содержит 71 рисунок и 2 таблицы.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определена цель и поставлены основные задачи, дана краткая характеристика работы, включающая научную новизну, теоретическую и практическую значимость, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации рассмотрено современное состояние теории и технологии двухугловой гибки. Детали, полученные двухугловой гибкой, входят в конструкцию изделий различного назначения и составляют в машиностроении по номенклатуре и объему один из наиболее распространенных классов. Самым распространенным дефектом при гибке является отклонение угла загиба от заданного вследствие пружинения. Несмотря на большое разнообразие подходов к расчету упругого пружинения при гибке на данный момент ни один из них не позволяет комплексно учесть влияние анизотропии свойств заготовки, ее деформационного упрочнения и утонения.

Во второй главе разработана и экспериментально верифицирована аналитическая модель гибки листовых материалов, учитывающая утонение, пластическую анизотропию свойств и деформационное упрочнение заготовки и позволяющая проводить расчеты напряженно-деформированного состояния заготовки, предельных деформаций, силовых параметров процесса, упругого пружинения при разгрузке.

В третьей главе разработан способ двухугловой гибки П-образных деталей на угол не более 90°, в котором компенсация пружинения обеспечивается за счет догиба заготовки упругой билинейной или криволинейной планкой и формой пуансона. Необходимо отметить, что указанный способ и штамповая оснастка для его реализации запатентованы (Патенты РФ №153887). Разработана методика проектирования технологического процесса двухугловой гибки в штампе с упругими элементам. На основе методики разработаны руководяще-технические материалы, которые внедрены в практику ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс».

В четвертой главе проведена конечно-элементная и экспериментальная проверка способа двухугловой гибки с упругим прижимом заготовки. Разработана компьютерная модель процесса двухугловой гибки с упругим прижимом заготовки в программном комплексе DEFORM-2D для анализа напряженно-деформированного состояния упругой билинейной и криволинейной планок. Проведены экспериментальные исследования и подтверждена возможность компенсации пружинения при двухугловой гибке без прин-

ципиального изменения схемы штамповки за счет поднутрения на боковой поверхности пуансоне и установке различных видов упругих планок.

В конце диссертационного исследования приведено **заключение**, в котором сформулированы результаты работы. Основные научные результаты, полученные автором, их последовательность и содержание отражают структуру работы, соответствуют поставленным задачам и свидетельствуют о полноте их решения.

В целом, работа изложена технически грамотным языком. Каждая глава содержит важные результаты научных исследований автора и сопровождается развернутыми выводами. Общее оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Научная новизна

В ходе выполнения научных исследований автором диссертации получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

В работе была разработана аналитическая модель гибки листовых материалов, которая учитывает влияние утонения заготовки, пластической анизотропии свойств и деформационного упрочнения заготовки. Выявлены особенности напряженно-деформированного состояния и закономерности двухугловой гибки в штампе с упругими элементами.

Полученные результаты соответствуют п. 4 «Технологии ковки, прессования, листовой и объемной штамповки и комплексных процессов с обработкой давлением, например, непрерывного литья и прокатки заготовок» и п. 6 «Методы оценки напряженного и деформированного состояния и способы увеличения жесткости, прочности и стойкости штампового инструмента» паспорта специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Практическая значимость

Практическая значимость работы состоит в том, что:

Разработанный способ позволяет исключить дополнительные технологические операции и, следовательно, дополнительные затраты за счет снижения упругого пружинения. Это важно для повышения эффективности производства. Спроектирована и изготовлена универсальная штамповая оснастка с набором упругих планок, которая предназначена для двухугловой гибки заготовок различной толщины из различных сталей и сплавов. Это позволяет расширить возможности производства и улучшить качество продукции. Разработаны рекомендации по реализации предложенного способа гибки, кон-

струкциям штамповой оснастки, режимам гибки и техническим требованиям к изделиям. Это обеспечивает стабильность и универсальность использования данного способа.

Приоритет разработанных технических решений подтвержден публикациями в рецензируемых изданиях и докладами на международных и всероссийских конференциях.

Обоснованность и степень достоверности полученных результатов

Достоверность результатов обеспечивается обоснованностью использованных теоретических зависимостей, допущений и ограничений, корректностью поставленных задач, применением известных математических методов и подтверждается качественным и количественным согласованием результатов теоретических исследований с экспериментальными данными, полученными как лично автором, так и другими исследователями.

Подтверждение основных результатов диссертации в научной печати

По результатам научных исследований, изложенных в диссертации, опубликовано 14 работ, в том числе 5 научных статей опубликованы в изданиях, входящих в Перечень, рекомендованный ВАК Минобрнауки России; 3 статьи - в изданиях, индексируемых базой Scopus/Web of Science, получен 1 патент на полезную модель.

Анализ содержания диссертации, опубликованных работ, в том числе работ, опубликованных в соавторстве, показал, что все научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации принадлежат диссертанту.

Оценка содержания диссертации

Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Анализ содержания диссертационной работы убеждает в ее завершенности. Содержание диссертации изложено грамотно, в логической последовательности, а принятая терминология и стиль изложения соответствует общепринятым нормам.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы и ее основные положения.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в работе научные и практические результаты следует рекомендовать к использованию на предприятиях аэрокосмического машиностроения.

Разработанный в работе комплекс теоретических, технических и технологических решений необходимо использовать при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 15.03.01 «Машиностроение» и 22.04.02 «Металлургия», а также аспирантов по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Замечания по диссертационной работе

В диссертации успешно решена сложная в научном и практическом плане задача, однако при этом нельзя не отметить определенные замечания:

1. В работе желательно было бы указать диапазон рекомендованных габаритных размеров изделий, для которого целесообразно использовать предлагаемый способ двухугловой гибки.

2. Предложенный автором критерий устойчивости деформаций, определяющий минимальный радиус гибки желательно было бы сравнить с результатами моделирования в использованном программном комплексе.

3. Автором получено выражение для определения угла пружинения при гибке с учетом анизотропии механических свойств, упрочнения и утонения материала заготовки. Для оценки значимости влияния указанных параметров, желательно было бы сравнить полученный результат с известными расчетными зависимостями.

4. В работе не рассмотрены вопросы ресурса работоспособности упругих планок штампа для гибки, которые в процессе эксплуатации испытывают знакопеременные нагрузки, а также возможного износа планок вследствие трения на контактных поверхностях с выталкивателем, что актуально при промышленном использовании штампа предложенной конструкции.

5. Вопросы опытно-промышленной апробации разработанного способа и внедрения его в производство (задача № 6) в тексте диссертации не освещены. Автор лишь указывает в заключении по работе, что материалы исследований использованы на ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», ссылаясь на соответствующий акт (Приложение А). Желательно было бы этот материал представить в развернутом виде.

Указанные замечания не снижают ценность и общую положительную оценку диссертационной работы, не влияют на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных положений, вынесенных соискателем на защиту.

Заключение

Диссертационная работа Кузина Александра Олеговича представляет собой законченную, самостоятельно выполненную, научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научно-техническая задача, имеющая важное промышленное значение – снижение величины упругого пружинения при двухугловой гибке деталей за счет применения упругих элементов в конструкции штамповой оснастки.

Научная ценность работы определяется новизной результатов, полученных во время проведения теоретических и экспериментальных исследований процесса двухугловой гибки, а практическая значимость работы – сформулированными рекомендациями по использованию данного процесса формообразования применительно к деталям, получаемым двухугловой гибкой.

Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается использованием современных методик исследования, непротиворечивостью результатов, хорошим согласованием с экспериментальными данными.

Количество и качество публикаций Кузина А.О. отвечает п. 11, 13 Положения о присуждении ученых степеней. Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее содержание и соответствует требованиям п. 25 Положения о присуждении ученых степеней.

Поставленная цель, задачи исследования, и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Все перечисленное дает основания считать, что представленная диссертационная работа Кузина А.О., несмотря на отдельные замечания непринципиального характера, соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 11.09.2021 г.). Автор диссертации, Кузин Александр Олегович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры «Механика и процессы пластического формоизменения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» (протокол №9 от «18» марта 2024 г.), на котором присутствовало 29 научно-педагогических работников, проголосовавших единогласно за утверждение данного отзыва.

Лица, подписавшие отзыв, выражают согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело соискателя Кузина А.О. и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры «Механика и процессы
пластического формоизменения»
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,

д.т.н., доцент _____ Черняев Алексей Владимирович

Профессор кафедры «Механика и процессы
пластического формоизменения»
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,

д.т.н., профессор _____ Кухарь Владимир Денисович
18 марта 2024 г.

Адрес организации: 300012, г. Тула, проспект Ленина, 92
Наименование организации: ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Телефон: +7 (4872) 734-444
Электронный адрес: info@tsu.tula.ru

Подпись Черняева А.В. Кухаря В.Д. заверяю
Начальник ОК
19.03.2024 г.