



УТВЕРЖДАЮ

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

М. С. Воротилин

« 31 » *марта* 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Чана Динь Хынга «Разработка и исследование технологии микроштамповки листовых деталей из цветных металлов и сплавов, с применением штампового инструмента, полученного методами 3D-печати», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением

Актуальность темы диссертационной работы. Сверхмелкие или миниатюрные детали, размером от нескольких десятков микрометров до нескольких миллиметров, изготовленные в основном из металлов и цветных сплавов методами ОМД, получили широкое распространение в микроэлектронике, измерительных приборах и биомедицинской промышленности. Многообразие инструмента для производства указанных деталей и высокая трудоёмкость его изготовления требует разработки более эффективных способов его изготовления. Одним из таких способов являются технологии 3D-печати, которая обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с технологиями механической обработки в части простоты подготовки и изготовления сложных контуров. Однако вопросы износа рабочей поверхности и стойкости такого инструмента не достаточно освещены в современной технической литературе. Таким образом, теоретическое и экспериментальное обоснование рациональных режимов микроштамповки инструментом, полученным методами 3D-печати, является актуальной задачей.

Целью работы является снижение трудоёмкости производства изделий малых размеров из тонколистового материала путем использования инструмента, выполненного методами 3D-печати.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемой литературы из 185 наименований, общим объёмом работы – 190 страниц машинописного текста, включает 50 рисунков, 31 таблицу и 8 приложений.

По материалам диссертации опубликовано 16 научных работ, из них 8 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России; 1 статья в издании, индексируемом в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus; 7 статей в других изданиях и материалах конференций.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, научная и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе выполнен аналитический обзор литературы по теме диссертации. Приведены термины и определения, рассмотрено влияние размерных эффектов и технологических факторов на процесс микроштамповки, которые основаны на развитии теории процессов макроштамповки в работах советских, российских и зарубежных учёных. Проведён анализ и дана оценка основных отличий процесса технологического расчета процесса микроштамповки от процесса макроштамповки.

Во второй главе приведена общая схема исследований при проектировании технологии микроштамповки, обзорно рассмотрены вопросы технологии вырубки и вытяжки листового материала, качества поверхности и контактного трения, представлены результаты экспериментального определения механических свойств ряда материалов, используемых в дальнейших исследованиях, с учетом влияния масштабного фактора образца.

В третьей главе с использованием современных программных комплексов выполнено компьютерное моделирование процессов вырубки и вытяжки осесимметричных изделий малого размера с исследованием влияния на силовые режимы и геометрические показатели изделий технологических факторов с учетом размерных эффектов.

Выполнено построение регрессионной модели максимальной силы вытяжки микродеталей в зависимости от диаметра матрицы, радиуса закругления радиальной матрицы, коэффициента контактного трения, силы прижима и диаметра заготовки, выполнен анализ полученной модели.

В четвертой главе рассмотрены вопросы изготовления деформирующих инструментов для проведения микровытяжки детали типа «Стаканчик». Представлена общая схема процесса и способы разработки инструментов, используемых в процессе микроштамповки. Изготовление инструментов выполнялось двумя способами: при помощи механообработки и 3D-печати.

В пятой главе исследуется износ инструмента в области заходного ребра матрицы (ЗРМ). При помощи моделирования установлен характер изменения контактного давления между заготовкой и поверхностью инструмента. Выполнены экспериментальные исследования по определению коэффициентов износа материалов, использованных при изготовлении штамповочного инструмента.

В шестой главе приводятся результаты натурных испытаний при вытяжке и гибке микроизделий из ряда материалов с использованием инструмента, полученного механической обработкой и методами 3D-печати.

Содержание автореферата в полной степени отражает содержание диссертации, содержит основные результаты и выводы работы.

Научная новизна заключается в выявленном характере влияния масштабного фактора на зависимости силовых режимов и геометрических размеров изделий от технологических параметров микроштамповки.

Практическую значимость составляют:

- количественные зависимости силы деформирования и толщины стенки заготовки от условий трения, степени деформации и величины зазора между пуансоном и матрицей при микровытяжке цилиндрических изделий при различных коэффициентах подобия;

- экспериментально определенные механические характеристики ряда материалов с учетом масштабного фактора образцов;

- разработанная и изготовленная конструкция испытательного стенда для реологических исследований материалов малого объема.

Теоретическая значимость заключается в полученной регрессионной модели, связывающей максимальную силу микровытяжки и ряд важных технологических параметров.

Результаты диссертационной работы Чана Динь Хынга использованы в учебном процессе в ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (г. Москва, Российская Федерация) и в университете «Чан Дай Нгхиа» (г. Хошимин, Социалистическая Республика Вьетнам).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Следует рекомендовать к использованию полученные в работе научные и практические результаты на предприятиях машиностроительного комплекса, специализирующихся на выпуске радио- и микроэлектронных компонентов. Разработанный комплекс теоретических, технических и технологических решений рекомендуется использовать в учебном процессе при подготовке магистров по направлению 15.04.01 «Машиностроение».

Замечания по диссертационной работе:

1. В теме работы заявлена разработка технологии микроштамповки, но технологический процесс изготовления какого-либо изделия в тексте диссертации не приведен. Автору следовало бы провести сравнение предлагаемой технологии с существующей.

2. По тексту главы 2 (стр. 39) указано, что выполнялась оценка анизотропии механических свойств листовых материалов с определением ряда её характеристик. Однако результаты этих исследований, а также упоминание об их учете в дальнейших расчетах в работе не приведены.

3. По тексту главы 3 (стр. 49) указано, что выполнялось моделирование операции чистовой вырубki. При этом не указывается, каким образом создается схема всестороннего сжатия в зоне резания. Не ясно, насколько целесообразно реализовывать способ чистовой вырубki при разделении материала толщиной 0,1-0,2 мм.

4. При экспериментальных исследованиях микровытяжки (глава 6, стр. 146), автором наряду с круглой, использовалась заготовка квадратной формы. Не ясно, с какой целью проводились данные исследования, их результаты в тексте диссертации не приведены.

5. В работе отсутствует информация по оценке предельных возможностей формоизменения при микроштамповке. Т.к. масштабный фактор оказывает существенное влияние на силовые режимы микровытяжки, целесообразно было

бы установить его влияние и на допустимые степени деформации.

6. Результаты экспериментальных исследований микровытяжки (глава 6) в части технологической силы и толщины стенки следовало бы сравнить с данными компьютерного моделирования, приведенными в главе 2. К сожалению, автор ограничился лишь фотографиями полученных полуфабрикатов.

7. Область применения инструментов, полученных методами 3D-печати, в которой они имеют преимущества по сравнению с традиционными, в работе не определена. Рекомендации, при каких геометрических параметрах целесообразно использовать такие инструменты, в работе не представлены.

8. В тексте автореферата и диссертации приведены 6 публикаций автора без указания выходных данных. Не ясно, опубликованы ли данные материалы на момент защиты диссертации.

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации Чана Динь Хынга, являющуюся законченной научно-квалификационной работой, носят рекомендательный характер и направлены на дальнейшее развитие исследований в данной области.

Заключение. Диссертация Чана Динь Хынга на тему «Разработка и исследование технологии микроштамповки листовых деталей из цветных металлов и сплавов, с применением штампового инструмента, полученного методами 3D-печати» является законченной научной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи, состоящей в теоретическом и экспериментальном обосновании рациональных режимов микроштамповки инструментом, полученным методами 3D-печати.

Работа соответствует п. 1 «Закономерности деформирования материалов и повышения их качества при различных термомеханических режимах, установление оптимальных режимов обработки», п. 4 «Технологииковки, прессования, листовой и объемной штамповки, а также формования и комплексных процессов с обработкой давлением, например, непрерывного литья и прокатки заготовок» паспорта научной специальности 2.5.7. Технологии и

машины обработки давлением (технические науки), предъявляемым к кандидатским диссертациями, а ее автор, Чан Динь Хынг заслуживает присуждения ему ученой степени, кандидата технических наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Диссертация рассмотрена, отзыв одобрен на заседании кафедры «Механика и процессы пластического формоизменения» (Протокол № 8 от «5» марта 2025 г.).


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

д.т.н., профессор

 Кухарь Владимир Денисович

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

д.т.н., доцент

 Черняев Алексей Владимирович

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

