

В диссертационный совет 24.2.353.02
при ФГБОУ ВО «Орловский
государственный университет
имени И.С. Тургенева»

ОТЗЫВ

**официального оппонента к.т.н. Пасынкова А.А. на диссертацию
Низамова Равиля Салимовича «Разработка и исследование прецизионной
штамповки зубчатых венцов конических передач», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением.**

На отзыв предоставлены диссертационная работа и автореферат. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх разделов, заключения, библиографического списка. Текст диссертации изложен на 131 странице машинописного текста, иллюстрирован 55 рисунками, содержит 15 таблиц. Библиографический список включает 114 наименований. Объем автореферата 21 страница.

Актуальность темы выполненной работы.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью производства ведущих мостов грузовых автомобилей повышенной мощности и грузоподъемности. При этом основной проблемой является ограничение возможного увеличения массы и габаритов ведущих мостов. Её предложено решить повышением механических характеристик конических шестерён, входящих в состав дифференциала, что позволит увеличить крутящий момент передаваемый ведущим мостом. Для этого следует обеспечить огибающую профиль зубьев волокнистую макроструктуру, которая формируется в результате пластического деформирования при штамповке деталей и подрезается при обработке резанием. В связи с этим, актуальной

является разработка процесса получения профиля зуба без последующей обработки резанием - методом прецизионной штамповки.

Содержание диссертации.

Диссертационная работа посвящена изучению и разработке технологии прецизионной штамповки и состоит из введения, четырёх разделов, заключения, библиографического списка, включающего 114 наименований. Работа изложена на 131 странице машинописного текста, содержит 55 рисунков, 15 таблиц.

В первом разделе обоснована актуальность выполнения научно-исследовательской работы, поставлены цель и задачи исследования на основе анализа основных существующих способов получения зубчатого венца шестерён пластическим деформированием. Обосновано применение комбинированной технологии, состоящей из горячей объёмной штамповки, термической обработки, дробеочистки и последующей холодной калибровки поковки повышенной точности и сформулированы рекомендации для разработки технологического процесса горячей объёмной штамповки, существенно уменьшающие глубину дефекта заштампованная окалина.

Во втором разделе представлено описание метода исследования, заключающегося в имитационном моделировании осадки цилиндрических образцов с припуском на торцевой поверхности трёх типов: плоским, выпуклым и вогнутым. Зависимость напряжённо-деформированного состояния в центральной области торца образца от значения радиуса припуска, степени деформации и температуры предложено представить уравнением регрессии.

В третьем разделе представлены результаты имитационного моделирования. Показано, что наиболее интенсивные деформации поверхности в центральной части образца претерпевает заготовка с выпуклым припуском. По сравнению с плоской и вогнутой формами, выпуклая форма припуска обеспечивает большие значения сжимающих напряжений в центральной области торца образца. Представлена функция

зависимости напряжённно-деформированного состояния в центральной области торца образца от значения радиуса припуска, степени деформации и температуры. Моделирование образца трапецеидальной формы с выпуклым припуском, сечение которого подобно сечению зуба конусной шестерни, для трех вариантов смазки с коэффициентом трения 0,1, 0,2 и 0,3 показало, что наиболее равномерное деформированное и напряжённное состояние по сечению образца соответствует высоте припуска равной 12% ширины основания припуска. проведено моделирование образца трапецеидальной формы с выпуклым припуском, сечение которого подобно сечению зуба конусной шестерни. При этом высота припуска назначена в процентном соотношении к формируемому пятну контакта шириной L . Показано, что увеличение коэффициента трения с 0,1 до 0,3 ведет к уменьшению высоты назначаемого на зуб припуска.

В четвёртом разделе приведено описание апробации разработанных решений в комбинированной технологии прецизионной штамповки на примере изготовления штамповки детали «Сателлит межколесного дифференциала» из стали марки 18ХГР в производственных условиях. Приведены результаты 3D сканирования штампованных сателлитов и металлографические исследования зубьев. Показано расположение сформировавшейся волокнистой макроструктуры, огибающее профиль зуба, мелкозернистой микроструктуры и уменьшение глубины заштамповки окалины на калиброванной поверхности зубьев поковки с 63 мкм до 25 мкм. Представлены результаты стендовых испытаний долговечности межколесного дифференциала, укомплектованного полуосевыми шестернями и сателлитами, изготовленными методом прецизионной штамповки, которая до 2,5 раз превысила долговечность межколесного дифференциала, укомплектованного полуосевыми шестернями и сателлитами, изготовленными по технологическому процессу с механической обработкой зубьев.

Автореферат диссертации отвечает установленным требованиям и включает список работ автора: 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 5 публикации публикации SCOPUS и Web of Science и 6 статей в материалах международных, всероссийских и республиканских конференций .

Научная новизна работы и ее теоретическая значимость заключаются:

- научно обоснован новый процесс получения зубчатых венцов конических передач, обеспечивающий требуемую точность (кавалитет IT7) и упрочнение рабочих поверхностей изделия, состоящий из горячей объёмной штамповки и последующей холодной калибровки повышенной точности;

- установлены новые параметры обеспечения рационального напряжённно-деформированного состояния при холодной калибровке выпуклой конфигурации припуска;

- определён рациональный диапазон высоты припуска выпуклой формы под холодную калибровку зубчатого венца в зависимости от условий контактного трения.

Практическая ценность результатов исследования заключается в том, что разработан комбинированный процесс прецизионной штамповки, состоящий из горячей объёмной штамповки и последующей холодной калибровки повышенной точности, обеспечивающий требуемую точность (кавалитет IT7) зубчатых венцов конических передач с модулем до 8,5.

Достоверность результатов работы, обоснованность выводов и рекомендаций подтверждаются воспроизводимостью и согласованностью экспериментальных данных, полученных с применением комплекса независимых и взаимодополняющих методов исследований.

Замечания по работе.

1. Теоретический анализ основных существующих способов получения зубчатого венца шестерён пластическим деформированием следовало расширить. В частности, необходимо добавить схему сферодвижной

штамповки и подробнее описать, и представить схемы вариантов формообразующей осадки, рассмотренные в главе 3.

2. На странице 64 диссертационной работы представлены полученные уравнения регрессии для вычисления значения радиуса припуска выпуклой формы, но не приводятся ни матрица планирования, ни промежуточные результаты расчетов.

3. Из текста диссертационной работы не ясно, на сколько применимы результаты моделирования калибровки цилиндрической заготовки к калибровке рабочей поверхности зубьев венца.

4. Не ясно, на сколько корректные результаты дает программный комплекс QFORM для оценки точности заготовок (изменение квалитетов) на качество штамповки.

5. Не приводятся технические характеристики сканера, на котором осуществлялся контроль размеров штампа и готовой поковки.

6. Не ясно, как учтено перераспределение объема металла при калибровке припуска зубчатого венца шестерён.

Соответствие диссертации паспорту специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением.

Основные результаты диссертационной работы соответствуют направлению исследования паспорта научной специальности 2.5.7 – «Технологии и машины обработки давлением», а именно пункту 3 - методы деформирования, формирующие в материалах структуру с комплексом физико-механических свойств, обеспечивающих повышение возможностей пластического формообразования заготовок и последующей эксплуатации изделий.

Заключение. Диссертационная работа Низамова Равиля Салимовича «Разработка и исследование прецизионной штамповки зубчатых венцов конических передач» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача повышения эксплуатационных

свойств и размерной точности зубчатых венцов конических колёс без механической обработки, полученных прецизионной штамповкой. Разработан процесс прецизионной штамповки, включающий горячую объёмную штамповку полуфабриката с последующей холодной калибровкой, и установлены связанные с ним закономерности, что в совокупности является решением задачи, имеющей важное значение в автомобилестроении.

Замечания, сделанные по содержанию работы, не снижают общую положительную оценку диссертации.

Представленная диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а её автор Низамов Равиль Салимович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением.

Официальный оппонент:
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Механика
и процессы пластического формоизменения»
ФГБОУ ВО "Тульский
государственный университет"

Пасынков Андрей Александрович

18.05.2023

300012, г. Тула,
Проспект Ленина, д.92
телефон: +7 (4872) 73-44-91
<https://tulsu.ru>
e-mail: sulee@mail.ru

