

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

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н. Сосенушкина Е.Н. 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.

Актуальность темы выполненной работы. Повышение мощности и грузоподъёмности грузовых автомобилей вызвало острую необходимость производства ведущих мостов, способных выдерживать повышенный крутящий момент без увеличения их массы и габаритов. Задача по увеличению крутящего момента передаваемого ведущим мостом сводится к повышению механических характеристик конических шестерён, входящих в состав дифференциала. Использование обработки резанием для окончательного формирования профиля зуба приводит к подрезанию волокон металла и снижению механических свойств шестерён. В настоящее время в отечественной промышленности отсутствуют научно обоснованные методы проектирования технологических процессов и штампового инструмента для производства конических шестерён методом пластической деформации с зубчатым венцом, не требующим последующей механической обработки. Работа Низамова Р.С. направлена на восполнение указанного пробела, в ней сформулированы и решены задачи теоретического и практического плана:

1. Разработан комбинированный процесс прецизионной штамповки (горячая объёмная штамповка и последующая холодная калибровка

повышенной точности) зубчатых венцов без механической обработки.

2. Установлены закономерности формирования точности и повышенных эксплуатационных свойств зубчатых венцов конических шестерён, получаемых прецизионной штамповкой (горячая объёмная штамповка и последующая холодная калибровка).

3. Апробированы разработанные и научно обоснованные технические решения в производственных условиях.

Содержание работы. Диссертация 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 большое место занимает анализ существующих способов получения зубчатого венца шестерён пластическим деформированием. К ним относятся накатка зубьев, калибровка зубьев шестерней раздачей коническим пуансоном и высокоточная объёмная штамповка методом ортогональной экструзии в закрытых штампах. Во всех указанных способах формообразование зубьев производится за счёт пластической деформации; однако ни один из них не позволяет исключить окончательную механическую обработку резанием. 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 процесса холодной калибровки повышенной точности. Имитационное моделирование проведено на цилиндрических образцах с припуском на торцевой поверхности трёх типов: плоским, выпуклым и вогнутым.

Зависимость напряжённо-деформированного состояния в центральной области торца образца от значения радиуса припуска (R , мм), степени

деформации (ϵ , %) и температуры (T , °C) представлена уравнением регрессии.

Третий раздел посвящён обработке результатов имитационного моделирования. По сравнению с плоской и вогнутой формами, выпуклая форма припуска обеспечивает наибольшие значения сжимающих напряжений в центральной области торца образца, снижающих вероятность возникновения микроразрушений подповерхностных слоёв металла. Моделирование образца трапецеидальной формы с выпуклым припуском, сечение которого подобно сечению зуба конической шестерни, для трех вариантов смазки с коэффициентом трения 0,1, 0,2 и 0,3 показало, что наиболее равномерное деформированное и напряжённое состояние по сечению образца соответствует высоте припуска равной 12% ширины основания припуска. При высоте припуска более 12% образуется дефект в виде складки. С увеличением коэффициента трения с 0,1 до 0,3 высота припуска, исключающего складкообразование, уменьшается. Таким образом, при известном значении ширины пятна контакта зубьев конической шестерни возможно рассчитать радиус и высоту припуска под последующую калибровку и, при необходимости, скорректировать значение температуры поковки для исключения попадания в область критических деформаций и превышения интенсивности напряжений, превышающих предел прочности материала поковки.

В четвёртом разделе представлены результаты апробации прецизионной штамповки (горячая объемная штамповка и последующая холодная калибровка) на примере изготовления поковки детали «Сателлит межколесного дифференциала» из стали марки 18ХГР в производственных условиях. Эффективность принятых решений подтверждается результатом 3D сканирования штампованных сателлитов. Отклонения размеров по профилю зубьев в области пятна контакта не превышает 0,03 мм, что удовлетворяет допуску в конструкторской документации. Металлографические исследования зубьев шестерён, полученных по

разработанной технологии, показали огибающий профиль зуба расположение сформировавшейся волокнистой макроструктуры, мелкозернистой микроструктуры и уменьшение глубины заштамповки окалины на калиброванной поверхности зубьев поковки на 60% с 63 мкм до 25 мкм. По результатам стендовых испытаний долговечность межколесного дифференциала, укомплектованного полуосевыми шестернями и сателлитами, изготовленными методом прецизионной штамповки до 2,5 раз превысила долговечность межколесного дифференциала, укомплектованного полуосевыми шестернями и сателлитами, изготовленными по традиционной технологической схеме с механической обработкой зубьев.

Автореферат диссертации идентичен её содержанию 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 в:

- научном обосновании нового процесса получения зубчатых венцов конических передач, обеспечивающим требуемую точность (кавалитет IT7) и упрочнение рабочих поверхностей изделия, состоящим из горячей объёмной штамповки и последующей холодной калибровки повышенной точности;

- установлении новых параметров обеспечения рационального напряжённо-деформированного состояния при холодной калибровке выпуклой конфигурации припуска;

- определении рационального диапазона 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 (квалитет 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. Какие пресса применяются в процессах штамповки увеличенной точности? Их модели, технические характеристики, жесткость.

2. Не приводится обоснование применения для данного исследования метода планирования эксперимента.

3. При моделировании осадки цилиндрических образцов с припуском различной конфигурации не учитывается напряжённое состояние в контактной области калибровочного штампа.

4. Не указан вид термической обработки горячештампованных поковок перед очисткой дробью и холодной калибровкой.

5. Отсутствует обоснование применения типов смазки при холодной калибровке.

6. Не оценено изменение стойкости штампа для разработанного технологического процесса.

7. Как скажется на стоимости изготовления штампа необходимость обеспечения припуска выпуклой формы?

8. Плохо читаются значения отклонений на рисунке 49.

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. Диссертация Низамова Равиля Салимовича «Разработка и исследование прецизионной штамповки зубчатых венцов конических передач» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи повышения эксплуатационных свойств и размерной точности зубчатых венцов конических колёс без механической обработки, полученных с помощью разработанного процесса прецизионной штамповки, включающего горячую объёмную штамповку полуфабриката с последующей холодной калибровкой, и установлены связанные с ним закономерности, что в совокупности является решением задачи, имеющей важное значение для автомобилестроения.

Решения основной и вспомогательных задач аргументированы автором диссертации. Научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях. Работа отвечает критериям п. 9 Положения ВАК о порядке присуждения учёных степеней, 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:
доктор технических наук,
профессор кафедры систем
пластического деформирования
ФГБОУ ВО "МГТУ "СТАНКИН"

127994, г. Москва,
Вадковский пер., д.1
телефон: +7 (499) 972-95-27
<https://stankin.ru>
e-mail: sen@stankin.ru

Сосенушкин Евгений Николаевич

