

В диссертационный совет 24.2.379.05
на базе ФГАОУ ВО «Самарский национальный
исследовательский университет
имени академика С. П. Королева»

ОТЗЫВ

официального оппонента Е.Н. Сосенушкина
на диссертацию

Морозова Олега Игоревича

**«Повышение стойкости штампов на операциях листовой
штамповки путем применения износостойких покрытий»,**

представленную на соискание учёной степени кандидата технических
наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением

**На отзыв представлена диссертация на 134 страницах
машинописного текста и автореферат на 16 страницах.**

Актуальность избранной темы

Одной из основных характеристик эффективности процессов обработки металлов давлением (ОМД) является стойкость инструментальной оснастки, определяющая эксплуатационный ресурс ее рабочей поверхности. Процессы ОМД характеризуются реализацией «жестких» схем напряженно-деформированного состояния (НДС), наличием ударных и знакопеременных нагрузок, высоким уровнем изнашивания рабочих поверхностей тяжело нагруженного штампового инструмента, что обуславливает необходимость повышения эксплуатационного ресурса рабочих деталей штампов, работающих на сдвиг и удар. Существующие способы повышения стойкости инструмента за счет поверхностного легирования, термического и пластического упрочнения рабочей поверхности, применения износостойких материалов сложны и не всегда обеспечивают заданный уровень свойств, зачастую требуют использования дорогостоящих материалов и специализированного оборудования. Эффективным способом повышения стойкости инструмента является нанесение износостойких покрытий методом ионно-плазменного напыления. Однако в настоящее время данная технология нашла применение лишь в процессах резания и практически не используется в процессах ОМД, что существенно ограничивает реализацию технологических процессов, в частности, листовой штамповки.

В имеющихся работах отсутствуют законченные результаты изучения и комплексного анализа механизмов изнашивания и разрушения покрытий штампового инструмента, работающего на удар и сдвиг, не представлены методики и результаты математического моделирования образования дефектных зон поверхностного слоя инструмента листовой штамповки с покрытием, а также системные данные о деформационных характеристиках поверхностного слоя инструмента с покрытием. Несмотря на имеющиеся

Входящий № 206-1214
Дата 27 ФЕВ 2023
Самарский университет

работы зарубежных авторов, посвященных изучению износа рабочей поверхности инструмента с использованием аппарата математического моделирования, данные вопросы недостаточно изучены и не имеют прикладного уровня применительно к инструменту ОМД. Отсутствуют способы оценки факторов, влияющих на износ рабочей поверхности штампового инструмента с использованием математического моделирования, не представлены методики и результаты математического моделирования образования дефектных зон поверхностного слоя инструмента с покрытием, отсутствуют данные о деформационных характеристиках поверхностного слоя инструмента с покрытиями.

В работе в качестве метода исследования таких задач представлено численное конечно-элементное моделирование динамических процессов, присущих удару и сдвигу, и позволяющее как моделировать процессы обработки металлов давлением, так и учитывать динамику разрушения и износа моделируемых тел при исследовании НДС в рабочей зоне деформации.

Таким образом, тему исследования, посвященного повышению эксплуатационной стойкости штампового инструмента на основе разработки корректных моделей изнашивания рабочих поверхностей инструмента и применения износостойких покрытий, считаю актуальной.

Анализ содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения.

В первой главе рассмотрено современное состояние технологий листовой штамповки. Проанализированы пути повышения износостойкости рабочей поверхности штампового инструмента, выявлены причины снижения его стойкости на формоизменяющих и разделительных операциях листовой штамповки, определены параметры, характеризующие износ штамповой оснастки. Показано, что эффективным путем повышения стойкости инструмента является применение износостойких покрытий. Отмечены нерешенные вопросы, связанные с отсутствием данных о применении покрытий на инструменте листовой штамповки, о механизмах изнашивания рабочих поверхностей инструмента с покрытием и разрушения самого покрытия, разработана и предложена методика математического моделирования изнашивания рабочих поверхностей инструмента, учитывающего особенности разрушения хрупкого материала покрытия и формирования зон разрушения в условиях ударных и сдвиговых нагрузок. Сформулирована цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе представлены результаты по разработке математических моделей изнашивания рабочих поверхностей штампового инструмента на операциях «вытяжка с утонением» и «вырубка». Определены и экспериментально подтверждены величины коэффициента износа модели Арчарда для материалов покрытий на основе нитрида титана, параметры разрушения материала покрытия, константы разрушения хрупких покрытий

TiN и TiZrN модели материала Джонсона-Холмквиста.

В третьей главе представлены результаты численного моделирования процесса изнашивания рабочих поверхностей инструмента с износостойким покрытием на операциях «вытяжка с утонением» и «вырубка». Исследовано влияние покрытий на износ рабочей поверхности, контактные касательные и нормальные напряжения на рабочей поверхности инструмента и его стойкость на операциях «вытяжка с утонением» и «вырубка».

Установлено, что нанесение покрытий для операции «вытяжка с утонением» уменьшает величину контактных напряжений в 1,4-2 раза, при этом, большее снижение имеет место при нанесении покрытия TiZrN. Определено, что нанесение покрытий снижает длину изношенной зоны ($b_{и}$) и максимальную глубину износа ($a_{и}$), при этом максимальное снижение износа также соответствует покрытию TiZrN. Повышение стойкости инструмента при нанесении покрытий при глубине износа, равной 0,15 мм, составило 30%.

Установлено, что нанесение покрытий для операции «вырубка» уменьшает величину контактных касательных напряжений на 30% и нормальных напряжений на 7% снижает износ рабочих поверхностей инструмента, а повышение стойкости инструмента при нанесении покрытий при глубине износа, равной 0,1 мм, составило 1,22-1,26 раза. При этом, аналогично процессу «вытяжка с утонением», более эффективным показало себя покрытие TiZrN.

Получены регрессионные зависимости напряжений от изменения длины износа по цилиндрической и по торцовой поверхности и технологического параметра (зазора) для операции «вырубка». Выявлено рациональный диапазон рациональных величин межинструментального зазора для сталей марок 08, 20, 45, соответствующий 5-7% от толщины материала, при котором обеспечивается повышение качества поверхности разделения, уменьшение максимальных напряжений в очаге деформации, и как следствие, повышение стойкости инструментальной оснастки. Установлено, что применение покрытий способствует снижению пиковых значений нормальных напряжений в материале заготовки на 7-11%, соответственно, для покрытий TiN и TiZrN.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных испытаний штампового инструмента с износостойким покрытием на формоизменяющих и разделительных операциях листовой штамповки.

Установлено для операции «вытяжка с утонением», что применение покрытий приводит к повышению стойкости инструмента на 39%, при этом, длина изношенной зоны рабочей поверхности уменьшилась на 18%, а максимальная глубина износа – на 23%. Установлено, что применение покрытий на операции вырубке повышает стойкость инструмента по сравнению с инструментом без покрытия на 26% и 32% для покрытий TiN и TiZrN соответственно. Снижение износа рабочих поверхностей инструмента, при этом, составило 12% и 15,5% по величине ($l_{и}$), 18% по величине ($l_{м}$), 29% и 30% по величине ($a_{и}$) соответственно для покрытий TiN и TiZrN. Анализ

представленных результатов показал, что отклонение результатов моделирования и эксперимента не превышают 4-13%, что свидетельствует о корректности результатов исследования.

В пятой главе был произведен технико-экономический анализ эффективности использования штампового инструмента листовой штамповки с покрытиями. Переложена методика расчета изменения относительной стоимости изготовления инструмента при применении износостойких покрытий. В качестве критерия оценки относительной стоимости выбраны стоимость изготовления и стойкость инструмента. С учетом перешлифовок. Проведенные расчеты для одного комплекта инструмента без покрытия и с покрытиями TiN и TiZrN на операциях «вытяжка с утонением» и «вырубка» показали, что использование покрытий позволит увеличить параметр оценки экономической эффективности использования инструмента на 8% для формоизменяющих операций и на 49-51% - для разделительных операций.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Все утверждения в диссертации являются точными, они тщательно и полностью обоснованы с использованием корректных математических зависимостей, а также использования положений теории пластичности.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Полученные в диссертации результаты являются новыми и достоверными, представляют несомненный научный интерес, обладают научной новизной и рекомендуются к практической реализации на предприятиях, имеющих цехи или участки листовой штамповки.

Содержание диссертации, ее завершенность

Диссертация представляет собой целостное, завершенное исследование по заявленной теме, имеет классическую структуру, выводы по результатам исследования последовательны и логичны.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Отметим следующие недостатки диссертации:

1) рис. 2.1. стр. 35 диссертации ошибочно назван «Методология исследования» или «наука о методах», которая должна быть направлена на изучение, совершенствование и конструирование методов в различных сферах деятельности, в данном случае научно-практической. Ни в одном из представленных прямоугольников нет даже упоминания о методах, не говоря уже об их создании или совершенствовании. Наверное, все-таки речь идет о методике исследования.

2) не объясняется, почему используется толщина покрытия 5 мкм?

Возникают вопросы: другие значения толщин не используются или не могут быть рассмотрены, или должны быть исследованы аналогичным образом, или не могут быть исследованы по каким-то причинам? Какова толщина покрытия, снимаемого при переточке – есть ли необходимость восстановления покрытия после очередной переточки?

3) не объясняется также выбор материалов инструментальной оснастки, не вполне ясно, почему не рассмотрены варианты с использованием теплостойких и быстрорежущих сталей.

4) в диссертации встречаются разные названия одной и той же операции: «вытяжка» стр. 14; «вытяжка с утонением» стр. 12; «вытяжка с принудительным утонением» стр. 13 и далее по тексту. Следует придерживаться определений операций по ГОСТ 18970-84 «Обработка металлов давлением. Операцииковки и штамповки. Термины и определения». В соответствии со стандартом единственно правильное – «вытяжка с утонением».

5) графическое представление алгоритмов и блок-схем также выполнено не по стандарту ЕСПД ГОСТ 19.003-80 «Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические», или в подрисуночных подписях и в тексте следовало отказаться от терминов «алгоритм» и «блок-схема». Замечание касается иллюстраций на рис. 2.3; рис. 2.6; рис. 2.11; рис. 3.25; рис. 5.1.

6) в требованиях ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» приложения должны иметь буквенные идентификаторы.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением. Автореферат идентичен содержанию диссертационной работы. Основные результаты опубликованы в 23 печатных работах, из которых 4 – в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий ВАК. Результаты диссертации прошли достаточную апробацию, были доложены на 6 международных и всероссийских научных конференциях и имеют несомненное прикладное значение.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа О.И. Морозова на соискание ученой степени кандидата наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи повышения стойкости рабочих поверхностей штампов на операциях листовой штамповки на основе моделирования НДС штампового инструмента и применения износостойких покрытий, имеющей несомненную научную значимость для специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Считаю, что диссертационная работа «Повышение стойкости штампов на операциях листовой штамповки путем применения износостойких покрытий», удовлетворяет требованиям критериев ВАК пп. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением

Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Олег Игоревич Морозов 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
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
«Заслуженный работник высшей школы РФ»


127994, Москва, Вадковский пер., 3а,
тел. 8 (499) 972-95-27
e-mail: sen@stankin.ru



Евгений Николаевич Сосенушкин

20.02.2023

Я, Сосенушкин Евгений Николаевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе.

Подпись руки *Сосенушкина Е.Н.* удостоверяю
УД ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

Голосенко Е.И.
Москва