

## «УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и  
инновационной деятельности ФГБОУ  
ВО «Иркутский национальный  
исследовательский технический  
университет, к.э.н.

Е.Ю. Семёнов

ноябрь 2019 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Яшина Александра Васильевича** на тему  
«Технологическое обеспечение качества каркасных деталей из  
алюминиево-магниевых сплавов многоконтактным волновым деформационным  
упрочнением», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения».

### **Актуальность темы диссертационного исследования.**

Прогрессивная конструкторская мысль, отвечая на запросы современности, формирует всё более сложные конструкции с развитой многомерной геометрией, к которым относятся в частности каркасные сложнопрофильные детали. Эти конструкции, являясь вызовом для технологии машиностроения, требуют привлечения новых и увеличивают востребованность ранее мало изученных процессов, в том числе и методов поверхностно-пластического деформирования, целью которых является повышение эксплуатационных свойств изделия. Даже незначительное колебание характеристики качества поверхностей в таких деталях снижает надежность и долговечность работы механизма. Поэтому исследование,

посвященное достижению высоких качественных характеристик после поверхностно-пластического деформирования и повышению предела выносливости методом волнового деформационного упрочнения при одновременном изучении нелинейных динамических процессов в процессе обработки является актуальным.

Основное внимание в работе уделено установлению взаимосвязей между конструктивно-технологическими и технологическими факторами обработки многоконтakтным волновым деформационным упрочнением с параметрами качества поверхностного слоя и механическими свойствами материала, определяющими его сопротивление усталостному разрушению. Также в работе рассматриваются вопросы по оценке напряженно-деформированного состояния каркасных деталей и назначения рациональных параметров упрочняющей обработки в зависимости от их условий работы.

Выводы и рекомендации, представленные по результатам исследований, имеют практическое значение для решения вопросов обеспечения эксплуатационных характеристик деталей специальной техники.

### **Структура и объем диссертационного исследования.**

Диссертация Яшина А.В. является завершенным научным исследованием и состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка использованных источников, включающих 123 наименования и приложений. Объем диссертационной работы составляет 159 страниц (с приложениями), включая 16 таблиц и 85 рисунков.

### **Цель и задачи диссертационного исследования.**

Целью диссертационной работы Яшина А.В. является создание эффективного метода многоконтakтного волнового деформационного упрочнения каркасных плоских сложнопрофильных деталей из пластичных алюминиево-магниевых сплавов, обеспечивающего повышение качества поверхностного слоя и сопротивления усталости.

Достижение поставленной цели осуществляется путем решения ряда задач:

1. Разработка и исследование теоретической конечно-элементной модели многоконтактного волнового деформационного упрочнения, позволяющей оценить глубину и степень упрочнения изделий из алюминийево-магниевых сплавов и модели для определения нагруженных участков изделия, требующих локального упрочнения.

2. Разработка стенда для исследования влияния параметров упрочнения на характеристики ударных импульсов, а также глубину и степень упрочнения поверхностного слоя.

3. Установление закономерностей влияния характеристик ударной системы на эффективность передачи энергии в очаг деформации.

4. Установление области рациональных технологических и конструктивно-технологических параметров процесса многоконтактного волнового упрочнения изделий из алюминийево-магниевых сплавов.

5. Выполнение экспериментальных исследований по оценке технологических возможностей повышения параметров качества поверхностного слоя в процессе упрочнения и разработка технологических рекомендаций.

### **Научная новизна диссертационного исследования.**

Научная новизна диссертационной работы представлена следующими положениями, в которых отражены результаты исследования, полученные лично соискателем:

1. Выявлен новый конструктивно-технологический параметр  $S_{отн}$  – соотношение суммы площадей поперечного сечения инструментов и площади поперечного сечения волновода применительно для процесса многоконтактного волнового деформационного упрочнения и его значимое влияние на коэффициент передачи энергии в очаг деформации в диапазоне  $0,2...0,8$  от эталонного значения.

2. Выявлены закономерности влияния количества, формы и расположения инструментов в инструментальной оснастке на форму, энергию и коэффициент передачи энергии ударного импульса в очаг деформации, глубину и степень упрочнения поверхностного слоя детали.

3. Разработана теоретическая конечно-элементная модель многоконтактного волнового деформационного упрочнения, позволяющая в зависимости от конструктивно-технологических параметров многоконтактной инструментальной оснастки определить параметры импульса в очаге деформации и параметры качества градиентно упрочненного поверхностного слоя детали.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Достоверность результатов настоящего диссертационного исследования подтверждается достаточным объемом анализа литературных источников, использованием современных методик экспериментальных и теоретических исследований и обработки полученных данных.

Разработанная теоретическая конечно-элементная модель расчета эпюры распределения степени упрочнения по глубине поверхностного слоя исследуемого материала основана на решении уравнений динамики явными методами, реализованными в программном комплексе ANSYS/LS-DYNA. Адекватность и информативность разработанной модели подтверждается удовлетворительной сходимостью теоретических результатов с экспериментальными. Экспериментальная часть исследования проведена в соответствии со стандартными методиками на современном оборудовании. Для обработки результатов широко применяется метод регрессионного анализа.

Анализ полученных автором выводов позволяет установить, что предложенная технология многоконтактного волнового деформационного упрочнения деталей является эффективной и позволяет увеличить срок

эксплуатации изделия в зависимости от его условий нагружения в результате повышения сопротивления усталостному разрушению до 3 раз.

Полученные автором выводы в достаточной степени обоснованы, опираются на существующие научные положения и не противоречат существующим теориям и исследованиям. Принятые граничные условия являются допустимыми и не оказывают существенного влияния на результаты работы. В процессе диссертационного исследования автор корректно ссылается на заимствованные методики и научные результаты, полученные другими авторами.

Содержание диссертации в полной степени отражено в публикациях автора: опубликовано 14 работ, 3 из них опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, 5 публикаций в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus. Основные результаты исследований прошли широкую апробацию на конференциях всероссийского и международного уровня.

### **Значимость результатов, полученных автором диссертационной работы, для науки и практики.**

Значимость результатов работы для науки заключается в том, что полученный комплекс теоретических конечно-элементных моделей и зависимостей может использоваться для прогнозирования качества поверхностного слоя деталей в результате обработки многоконтактным волновым деформационным упрочнением, а также для исследования вопросов повышения энергоэффективности ударных систем в зависимости от их характеристик.

Практическая значимость работы заключается в адаптации метода волнового деформационного упрочнения и разработке конструкции многоинструментальной оснастки для обработки пластичных материалов, а также разработке технологических рекомендаций по применению метода многоконтактного волнового деформационного упрочнения для обработки

каркасных плоских сложнопрофильных деталей, обеспечивающих кратное повышение сопротивления усталостному разрушению в процессе эксплуатации.

Практическая значимость работы подтверждается актами промышленного внедрения на машиностроительных предприятиях г. Муром: АО «ПО Муромский машиностроительный завод» и АО «Муромский ремонтно-механический завод».

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.**

Предлагаемый метод поверхностного пластического деформирования и разработанные в результате исследований технологические рекомендации целесообразно использовать на предприятиях-изготовителях, специализирующихся на изготовлении специальной транспортной техники, в состав которой входят ответственные детали из алюминиевых сплавов. Для реализации процесса упрочнения может эффективно применяться разработанная универсальная многоконтактная инструментальная оснастка.

Теоретическая конечно-элементная модель многоконтактного волнового деформационного упрочнения и разработанные методики экспериментальных исследований могут эффективно использоваться для дальнейших исследований в вопросах прогнозирования эпюр распределения степени упрочнения в поверхностном слое и повышения сопротивления усталости применительно для различных конструкционных материалов.

Отмечая достоинства диссертационной работы, необходимо также указать ее недостатки и сделать замечания.

### **Замечания по работе.**

1. Автор обоснованно указал место упрочняющей операции в технологическом маршруте перед фрезерованием, но не сформулировал вывод

о том, как полученный упрочненный слой повлияет на фрезеруемость сплава АМг.

2. В диссертации отмечено, что обработка волновым деформационным упрочнением должна вестись на локальном участке над опасными сечениями, но рекомендаций по границам этих локальных участков, величину захода инструмента, перебега, размеры перекрытия зоной обработки критического места не представлено.

3. В работе не приведено влияние различных форм зависимостей скорости движения бойка на изучаемые характеристики качества, но отмечено что регистрация формы исследователем велась.

4. Регрессионные зависимости 26 и 27 должны быть ограничены в применении, так при  $N_{и}=2$  и  $e=10$  производительность при обработке плоским бойком становится отрицательной, что является невозможным результатом. Необходимо дать условия их применимости.

5. Шкала абсцисс на рисунке 52 не соответствует шагу 0,7 мм при котором проверялась адекватность моделирования. Кроме того, исследователю стоило включить в изучение градиент микротвердости, т.к. из рисунков 59 и 60 видно, что при  $0 < h_{\mu} < 1,5$  мм, градиент довольно высокий, что сказывается на трещиностойкости.

Однако отмеченные недостатки и замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

### **Заключение.**

Диссертация имеет научную новизну, четкую структуру, внедрена и апробирована на машиностроительных предприятиях, представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную для науки и практики тему. В работе изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, расширяющие область применения методов пластического деформирования и имеющие существенное значение для развития страны. Основные результаты и выводы по работе обоснованы

