

Силантьев С.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: amitp@yandex.ru*

Оборудование для исследования процессов волнового деформационного упрочнения

Одним из наиболее эффективных способов упрочнения поверхностным пластическим деформированием является волновое деформационное упрочнение (ВДУ). Способ заключается в применении ударной системы с промежуточным звеном, генерирующей волну деформации в элементах ударной системы - бойке и волноводе, сообщении ее в очаг деформации, формировании волновых состояний не только в поверхностном слое, но и в объеме материала упрочняемой детали. Высокая эффективность способа обеспечивается за счет наиболее полного использования энергии волны деформации на упруго-пластическую деформацию упрочняемого материала путем предварительного статического поджатия системы «инструмент - волновод» к обрабатываемой поверхности и последующего динамического нагружения бойком. Статическое поджатие обеспечивает рекуперацию отраженных волн деформации. Значимые эффекты, вызванные деформацией среды, наблюдаются на глубине 6-8 мм, степень упрочнения достигает 150 % [1]. В зависимости от требуемых параметров упрочнения поверхностного слоя подбираются элементы ударной системы, генерирующие ударный импульс требуемой амплитуды и длительности [2]. За счет управления параметрами волны деформации появляется возможность формировать не только равномерно упрочненный поверхностный слой, но и гетерогенно упрочненные области [2].

При проведении инженерных расчетов конечностью габаритных размеров деталей в исследуемых моделях, как правило, пренебрегают. Это позволяет, с одной стороны, значительно упростить алгоритм и сократить время расчета, а с другой - распространить полученные результаты расчета на все без ограничений детали, выполненные из рассматриваемого материала, вне зависимости от их формы и размеров, исключить учет влияния масштабного фактора на исследуемый процесс. Однако вследствие волнового характера упрочнения форма и размеры детали могут оказывать существенное влияние на характер упрочнения, так как на всех границах с различными акустическими жесткостями происходит деление проходящей волны деформации на прямую и отраженную волны. При изготовлении детали из монолитной заготовки однородного материала изменение акустической жесткости связано с изменением размеров конструктивных элементов (толщина стенок, размеры и расположение отверстий, бобышек и т.д.), а также с габаритными размерами, так как на наружных поверхностях исследуемого образца тоже происходят волновые преобразования. Возникающие в каждой элементарной точке детали волновые состояния определяются сложением всех проходящих через точку прямых и отраженных волн. С учетом того, что скорость распространения волны деформации соответствует скорости звука в материале, длительность единичного импульса составляет порядка $10^{-5} \dots 10^{-4}$ с, а скорость рабочей подачи многократно меньше, волновые состояния в одной и той же элементарной точке детали в процессе обработки непрерывно меняются. Предварительными исследованиями установлено значимое влияние на процесс ВДУ геометрических размеров, так как при равных объемах упрочняемых образцов и аналогичных режимах обработки имеют место разные карты распределения микротвердости в поверхностном слое. Следовательно, при исследовании ВДУ ответственных деталей не следует исключать влияние конечных размеров на процесс упрочнения.

Экспериментальное оборудование для исследования процессов ВДУ можно условно разделить на два основных типа.

К первому типу оборудования относится стенд для ВДУ, представляющий собой полноразмерную промышленную установку, позволяющую упрочнять большую номенклатуру изделий разных габаритных размеров [2]. Она позволяет управлять в широком диапазоне

энергией удара, формировать серии пластических отпечатков удара инструмента с точной регулировкой их перекрытия между собой. Однако использование данного стенда для исследований взаимосвязей между параметрами волны деформации, формой и размерами упрочняемых образцов невозможно из-за невозможности замены элементов ударной системы, от которых зависит формирование волн деформации с заданными параметрами. Для замены элементов ударной системы необходимо рассчитывать и изготавливать не только новые боек и волновод, но и новый корпус генератора импульсов, что достаточно трудоемко и дорого.

Ко второму типу относятся стенды, позволяющие моделировать процесс ВДУ за счет одноконтантного воздействия волны деформации на упрочняемую поверхность [2]. Они представляют собой макеты ударных систем, позволяющие производить замены их элементов (бойка и волновода). Данный тип стендов обеспечивает статическое поджатие волновода и инструмента к обрабатываемой поверхности за счет пружин. Стенды данного типа могут работать как в режиме регистрации ударного импульса, так и в режиме формирования единственного отпечатка на обрабатываемой поверхности. Принципиальным отличием данных стендов являются невысокие энергетические характеристики нагружения очага деформации.

Литература

1. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 2004. 288 с. (Б-ка технолога).
2. Kirichek A.V., Kuzmenko A.P., Soloviev D.L., Barinov S.V., Altukhov A.Yu., Silantiev S.A., Grechukhin A.N., Myo Min Than, Dobromyslov M.B. Dimensional Effects in Micro-and Nanostructural Changes in Grain and Intragrained Structure of Steel 45 at Static-pulse Treatment // Journal of Nano and Electronic Physics. 2015. Vol. 7, no. 4. P. 04023.