

УДК 620.178.5

Повышение эффективности технологии вибрационной стабилизации остаточных напряжений и геометрических размеров в сварных конструкциях

Булат А.Ф., д.т.н., Шевченко Г.А., д.т.н., Ленда В.А., к.т.н.

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, Украина

Анотація. Розглянуті питання підвищення ефективності вібраційної стабілізації залишкових напружень у зварюваних конструкціях за рахунок використання полічастотного режиму динамічного навантаження.

Аннотация. Рассмотрены вопросы повышения эффективности вибрационной стабилизации остаточных напряжений в сварных конструкциях за счет использования поличастотного режима динамического нагружения.

Abstract. The problems of improving the efficiency of vibrational stabilization of residual stresses in welded structures by using the poly-frequency mode of dynamic loading are considered.

Ключевые слова: вибрационная стабилизация напряжений, вибрационное старение, вибропластичность, вибростабилизирующая обработка, поличастотное динамическое нагружение.

Вибростабилизирующая обработка – получивший распространение в последнее время малоэнергоёмкий способ снятия остаточных напряжений, образовавшихся в деталях и конструкциях при их литье или сварке, для стабилизации геометрических размеров металлоконструкций, повышения их прочности, долговечности и обеспечения точности при дальнейшей механической обработке и сборке [1, 2].

Сущность способа заключается в создании в деталях или конструкциях переменных напряжений с помощью вибровоздействия. Переменные напряжения, суммируясь с остаточными, вызывают эффект вибропластичности, который способствует снижению и перераспределению напряжений. Пластическая деформация, сопровождающая циклическое нагружение, приводит к перераспределению и выравниванию остаточных напряжений, повышению прочности и стабилизации геометрических размеров обрабатываемых изделий.

Процесс вибростабилизирующей обработки является ускоренным естественным старением в результате периодического динамического нагружения на заданных и контролируемых мощностях и частотах, что обеспечивает положительный результат завершения стабилизации в течение непродолжительного времени.

Вибростабилизирующая обработка является высокопроизводительным методом снижения остаточных напряжений, который пригоден для сборных, литых, кованных и сварных конструкций. При этом параметры прочности и долговечности обрабатываемых изделий повышаются. Кроме этого, метод применим к конструкциям любых габаритных размеров и масс и лишен многих отрицательных побочных эффектов, сопровождающих низкоэкономическое тепловое снятие напряжений – искривление, деформирование крупногабаритных изделий, деградацию механических свойств, что делает процесс еще более привлекательным.

Основные области применения вибростабилизирующей обработки:

- вибрационная стабилизация геометрических размеров крупногабаритных деталей и изделий перед их механической обработкой;
- вибрационная обработка сварных конструкций с целью стабилизации наведенных напряжений для повышения их прочности и надежности;
- виброобработка в процессе остывания литых и сварных изделий с целью повышения их прочности и долговечности.

Однако, несмотря на высокую технологическую и экономическую привлекательность, вибростабилизирующая обработка сварных и литых изделий в настоящее время не лишена ряда существенных недостатков, ограничивающих область ее применения в мировой практике. Вибростабилизирующая обработка осуществляется дискретно, путем моногармонического нагружения в диапазоне частот до 150 Гц и с ускорениями до 80 м/с^2 . Такое ограничение диапазонов и уровней динамических нагружений является существенным недостатком, и для повышения эффективности вибростабилизации необходимо генерировать вибровоздействия в диапазоне частот от десятков Гц до кГц, с эффективными уровнями ускорений до тысяч м/с^2 . Кроме того, последовательное моногармоническое нагружение на каждой из собственных частот увеличивает время вибростабилизирующей обработки.

Более перспективным является одновременное динамическое нагружение металлоконструкции в широком диапазоне ее собственных частот с достаточным уровнем вибровоздействия. Это возможно при поличастотном динамическом нагружении, позволяющем в широких диапазонах варьировать амплитудно-частотные параметры реализуемого воздействия. Поличастотное нагружение обеспечивает одновременное резонирование всех структурных элементов обрабатываемого изделия, позволяя не только сократить время вибростабилизирующей обработки, но и повысить ее эффективность.

Для проведения экспериментальных исследований в Институте геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАН Украины был разработан и изготовлен поличастотный вибрационный комплекс для проведения вибростабилизирующей обработки сварных и литых конструкций. В качестве вибровозбудителя в комплексе был использован дебалансный вибропривод с существенно нелинейными упругими связями, обеспечивающий динамическое нагружение обрабатываемого изделия в диапазоне частот от нескольких Гц до десятков кГц, с ускорениями до тысячи м/с^2 .

На рис. 1 приведена типичная спектральная характеристика реализуемого динамического нагружения сварной рамы весом 70 кН. Спектр является сплошным во всем диапазоне частот, со значимыми величинами возбуждений на каждой частоте, что обеспечивает одновременное резонирование всех структурных элементов обрабатываемого изделия.

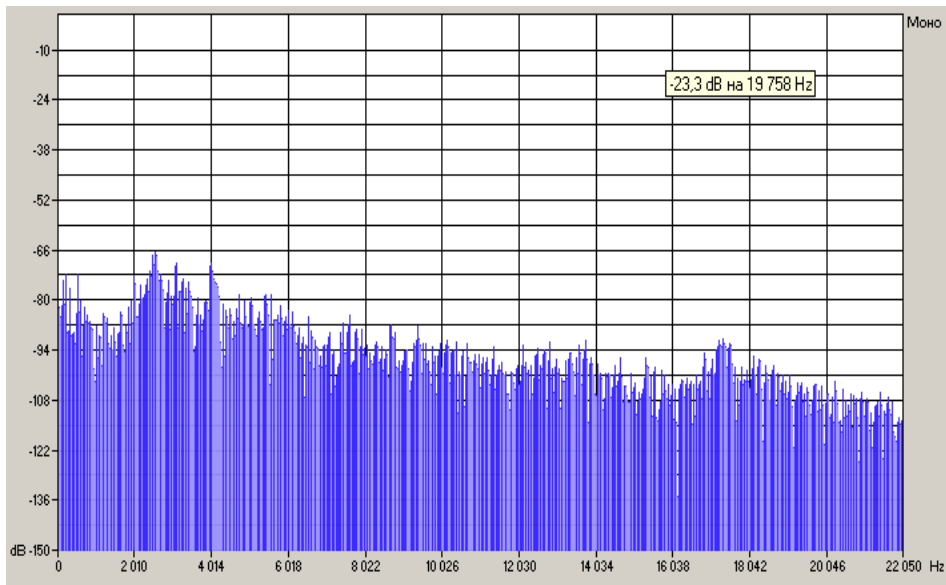


Рис. 1. Спектральные характеристики реализуемого динамического нагружения сварной рамы

Вибрационный комплекс для вибростабилизирующей обработки изделий был внедрен на ПАО «Днепротяжмаш» при производстве сварных рамных конструкций, что позволило полностью отказаться от термической обработки изделий и существенно повысить эффективность технологии вибростабилизирующей обработки. Результаты сравнительных испытаний моногармонического и поличастотного режимов нагружения представлены в табл. 1. В качестве критерия эффективности проведенной обработки использовалась величина смещения резонансных пиков конструкции [3].

Таблиця 1

**Результаты испытаний моногармонического и поличастотного способов
вибростабилизирующей обработки сварных конструкций**

Режим нагружения	Мощность, Вт	Ускорение, м/с ²	Время обработки, мин.	Величина смещения резонансных пиков, Гц
Моно- гармонический	380	50	50	1,4–2,1
Поличастотный	550	600	20	2,4–3,2

Как видно из представленных результатов, применение поличастотного режима нагружения позволило в 2,5 раза сократить время обработки и в 1,5–1,7 раза повысить его эффективность.

Выводы

Таким образом, для повышения эффективности технологии вибростабилизирующей обработки сварных и литых конструкций предлагается использование поличастотных режимов динамического нагружения, что позволяет существенно улучшить ее технологические и экономические показатели.

Литература

- [1] Дрыга А. И. Вибростабилизирующая обработка сварных и литых деталей в машиностроении / А. И. Дрыга. – Краматорск, 2008. – 160 с.
- [2] Рагульскис К. М. Вибрационное старение / К. М. Рагульскис, Б. Б. Стульпинас, К. Б. Толутис. – Л. : Машиностроение, 1987. – 72 с.
- [3] Ленда В. А. Вибрационная стабилизация напряжений в сварных конструкциях при интенсивных нагрузках / В. А. Ленда // Космические технологии: настоящее и будущее : материалы международной конференции. – Днепропетровск, 2011. – С. 88–89.

Надійшла до редколегії 4.11.2013 р.