

УДК 620.178.5

Семенов В. М., Деньщиков А. Ю., Подлесный С. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА ДЕФОРМАЦИИ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В процессе изготовления машиностроительных конструкций в них возникают остаточные напряжения, которые приводят к возникновению необратимых деформаций, что, в свою очередь, снижает срок эксплуатации конструкции и могут привести к преждевременному выходу из строя. При этом операция снижения остаточных напряжений является одной из наиболее трудновыполнимых и требует больших материальных затрат. В инженерной практике применяют многочисленные способы уменьшения напряжений, непрерывно совершенствуются и разрабатываются новые методы.

Один из таких методов – вибрационный метод снятия остаточных напряжений и деформаций, основанный на обработке изделий в резонансном режиме, переменными напряжениями, достаточными для протекания упругопластических деформаций металла [1–3]. В отличие от других методов высокая эффективность и экономичность вибрационного старения обеспечивается независимо от марки конструкционного материала. По производительности и простоте процесса вибрационное нагружение в большинстве случаев имеет преимущества перед другими методами и соответствует основным требованиям, предъявляемым к применяющимся в практике средствам снижения напряжений.

Сущность способа заключается в создании в металлоконструкции после окончательной сборки или в процессе изготовления переменных напряжений определенной величины с помощью специальных вибровозбудителей (вибраторов). Переменные напряжения суммируются с остаточными, при этом возникает явление виброползучести, которое способствует снижению и перераспределению напряжений [3, 4]. Процесс переползания дислокаций и пластическая деформация, сопровождающие циклическое нагружение, приводят к упрочнению материала и перераспределению уровня остаточных напряжений.

Вопросам изучения процесса вибрационной обработки посвящено большое количество статей и монографий [1–5] различных авторов. Литературный обзор показал, что большая часть публикаций посвящена экспериментальным исследованиям двух видов:

1. Вибрационная обработка простых моделей, в которых реализуется одномерное напряженное состояние (балки прямоугольного сечения, подвергаемых чистому изгибу). Результатом этого типа исследований является построение релаксационной кривой в координатах остаточные напряжения – время обработки (количество циклов).

2. Вибрационная обработка промышленных изделий сложной формы. Данные исследования фактически представляли собой подтверждение факта снижения общего уровня остаточных напряжений в нескольких точках.

Таким образом, остаются неизученными законы перераспределения остаточных напряжений и деформаций после проведения процесса вибрационного старения (ВС) в реальных машиностроительных конструкциях и их элементах. Ранее авторами было рассмотрено влияние ВС на процессы протекающие в балках таврового и двутаврового поперечного сечений [4].

Целью данной работы является изучение перераспределения сварочных деформаций в конструкциях сложной формы при проведении процесса вибрационного старения и проведение сравнительных испытаний по влиянию термической обработки.

Влияние вибро- и термической обработки на деформации сварной конструкции изучали при изготовлении балки коробчатого сечения. Согласно технологии балка после сварки подвергается термической обработке – отпуску при 580–600 °С. Термическую обработку проводили в газовых горизонтальных печах, размещая детали в горизонтальном положении. Измеряли прогиб изделий после сварки, до и после термической обработки. С этой целью их

установлювали на разметочной плите, наносили керны в точках 1–7 на торцах верхнего и нижнего поясов и производили измерения рейсмусом расстояний от плиты до контролируемых точек (рис. 1). Результаты измерений приведены в табл. 1 и на рис. 2.

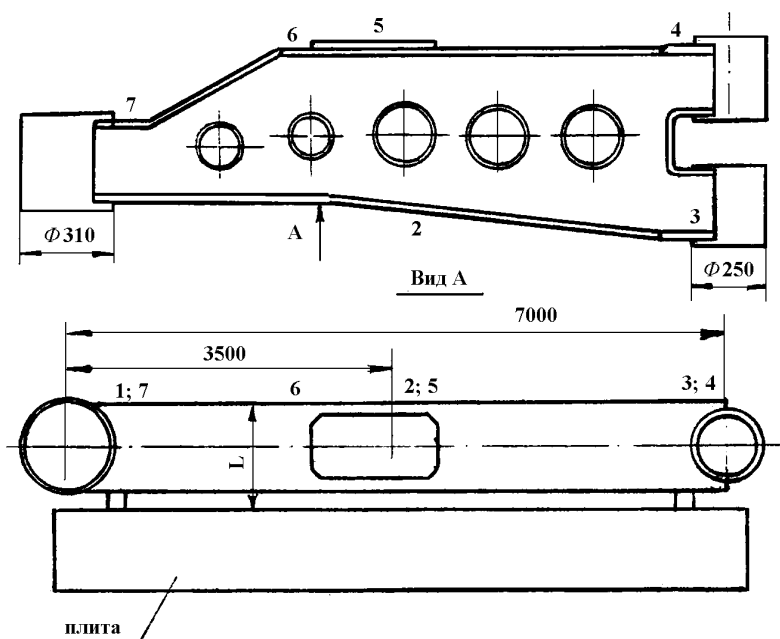


Рис. 1. Общий вид балки на разметочной плите и схема измерений прогиба

Таблица 1

Измерение величины прогиба в сварных балках после различной обработки

№ балки	Измерения после	Расстояние в местах измерений т.т. 1–7, мм						
		1	2	3	4	5	6	7
1	сварка	310	304,5	310	310	306,5	306,5	312,0
	т/о	310	302,5	310	310	304,0	305,0	312,0
2	сварка	310,5	305	311	310,5	307	307	312,0
	в/о	310,0	305,5	311	310,5	306,5	307	312,0
3	сварка	310,5	311	310	310	307,5	310	310
	т/о	310,5	312	310	310	309,0	311,5	310
4	сварка	310	304	310,5	310	306	306	311
	в/о	310,5	304,5	310	310	306	306	311,5
5	сварка	310,5	307,5	310	310	306,0	306	310
	т/о	311,0	307,5	310	310,5	304,5	304,5	310
6	сварка	311	304	310,5	310	306	307	311,5
	в/о	311	304,5	310	310	306	306,5	311,5

Аналогичные измерения произвели на балках, прошедших после сварки не термическую, а вибрационную обработку.

Для проведения процесса вибрационного старения применен виброкомплекс ВК-79 с регулируемым вибровозбудителем, который позволяет развивать виброусилия до 30 кН в диапазоне частот до 130 Гц. Балка закреплялась на специальном вибростенде – стальной плите установленной на резиновые виброизолирующие опоры. К плите прикреплены: регулируемый вибровозбудитель и вибродатчик, смонтированный в специальный прижим. Критерий окончания процесса виброобработки – стабилизация тока, потребляемого двигателем вибровозбудителя. Результаты также представлены в табл. 1.

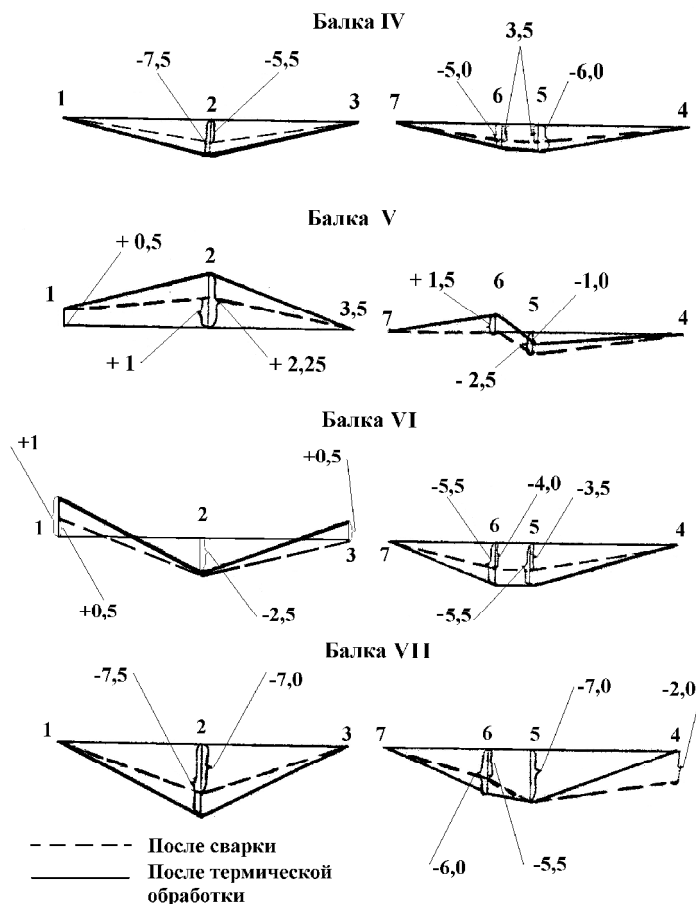


Рис. 2. Схема измерения величины прогиба в балках IV–VII после сварки и термической обработки

Измерение прогиба показало, что максимальный прогиб по торцам поясов после сварки составляет 5,5 мм, а после термической обработки 7,5 мм, т. е. произошло увеличение прогиба на 2,0 мм. В тоже время после вибрационной обработки величина прогиба практически не изменилась (табл. 1), а в некоторых точках отмечено его уменьшение, т. е. для уменьшения величин короблений после сварки метод вибрационной обработки является более предпочтительным по сравнению с термическими методами.

Изучение влияния вибрационной обработки на габаритные размеры было проведено на корпусах редукторов. Для этого на крышках и корпусах редуктора намечали базовые точки, наносили керны и производили измерения непосредственно после сварки и после виброобработки (рис. 3). Результаты измерений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений расстояний между точками в сварных узлах редукторов

Наименование детали	Измерение после	Расстояние между точками, мм				
		1'–2'	2'–3'	4'–4'	5'–5'	6'–6'
Крышка	сварки	1643	814	1368	560,5	302
	виброобработки	1643	814	1367,5	560,5	302
		1–1	2–2	3–3	4–4	5–5
Корпус 1	сварки	2399	2395	292	312,5	287
	виброобработки	2399,5	2395	292	312	287,5
Корпус 2	сварки	2397,5	2394	296,5	321	322
	виброобработки	2397,5	2394	296	321	322,5

Виброобработка производилась виброкомплексом ВК-79; для этого обрабатываемые конструкции (2 редуктора с крышками одновременно) струбцинами закреплялись на специальную стендовую плиту с габаритными размерами $2 \times 6 \text{ м}^2$. Перед вибрационной обработкой с помощью приборов пульта управления измерены: ток, потребляемый двигателем вибровозбудителя при работе на резонансных частотах; виброускорение, при помощи акселерометра закрепленного на стенде. Критерий окончания процесса виброобработки – стабилизация тока, потребляемого двигателем вибровозбудителя.

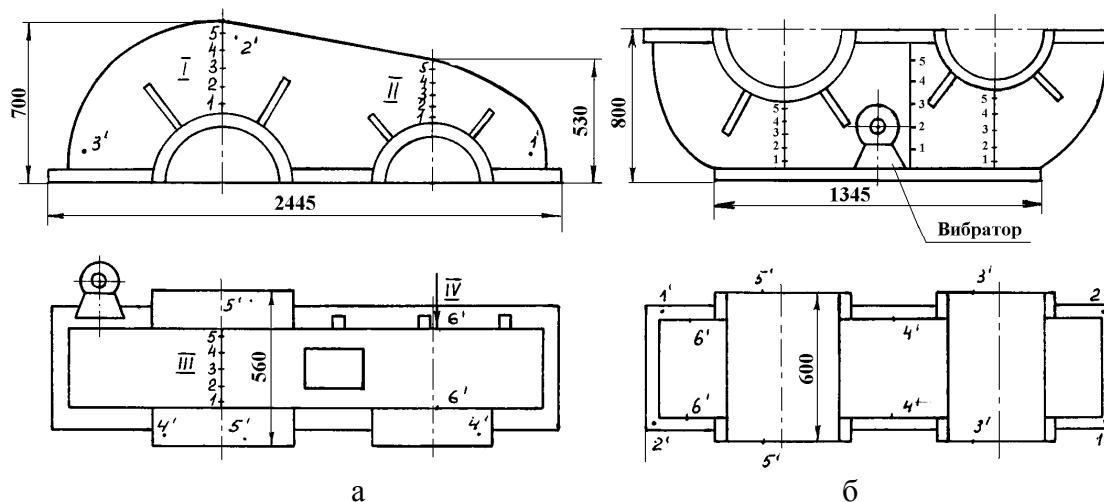


Рис. 3. Схема расположения базовых точек для замера деформаций на крышке (а) и корпусе редуктора (б)

Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что вибрационная обработка, выполненная взамен термической обработки – отпуска, не искажает габариты сварных узлов редукторов.

ВЫВОДЫ

1. При использовании дополнительной оснастки методами вибрационной обработки возможно снижение не только остаточных напряжений, но и короблений после остывания конструкций. Метод виброобработки возможно использовать для конструкций, которые не могут быть подвергнуты термической обработке.

2. Из оценки влияния на величины сварочных деформаций видно, что вибрационная обработка предпочтительнее, чем термообработка, так как снижает величины короблений на большую величину, в то же время при термообработке отмечены случаи увеличения короблений.

3. С экономической точки зрения виброобработка дает практически десятикратную экономию времени по сравнению с термообработкой, а стоимость ее составляет менее 1 % стоимости термической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Munsif A. S. M. Y. Use of static stress for modification of welding residual stresses / A. S. M. Y. Munsif, A. J. Waddell, C. A. Walker // *Science and Technology of Welding and Joining*. – 2002. – Vol. 7, № 1. – P. 51–55.
2. Sun M. C. Vibratory stress relieving of welded sheet steels of low alloy high strength steel / M. C. Sun, Y. H. Sun, R. K. Wang // *Materials Letters*. – 2004. – Vol. 58, № 7–8. – P. 1396–1399.
3. Дрыга А. И. Вибростабилизирующая обработка сварных и литых деталей в машиностроении / А. И. Дрыга // *Теория, исследования, технология*. – Краматорск : ДГМА, 2004. – 168 с.
4. Деньщиков А. Ю. Теоретическое и экспериментальное изучение возможности применения вибрационной обработки для уменьшения уровня остаточных напряжений в сварных конструкциях / А. Ю. Деньщиков, В. М. Семенов, С. В. Подлесный // *Прогрессивные технологии и системы машиностроения : международный сборник научных трудов*. – Донецк, 2005. – Вып. 29. – С. 66–71.
5. Лащенко Г. И. Вибрационная обработка сварных конструкций / Г. И. Лащенко. – К. : «Экотехнология», 2001. – 56 с.