

УДК 620

СНЯТИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СВАРНЫХ ДЕТАЛЕЙ ВИБРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Мельник А.Е., аспирант гр.ТСа-241, 1 курс

Научный руководитель: Романенко А.М., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Актуальность

Контроль и снятие остаточных напряжений играют ключевую роль в обеспечении надежности и долговечности сварных деталей. Эти меры предотвращают непредсказуемые деформации и разрушения, критические в условиях, где необходима взрывозащита, и способствуют продлению срока службы оборудования, снижая тем самым частоту замен и связанные с этим расходы.

Снятие остаточных напряжений вибрационным методом

Снижение остаточных напряжений в деталях является актуальным вопросом машиностроения. Высокие остаточные напряжения вызывают большие деформации, отражаются на точности деталей. Распространенными способами снижения остаточных напряжений являются различные виды термической обработки-отпуск, низкотемпературный отжиг и искусственное старение, а также естественное старение.

Эти способы снижения остаточных напряжений известны давно, широко применяются в промышленности, достаточно изучены. Но эти способы обладают рядом существенных недостатков:

- Повышенный расход электроэнергии на нагрев деталей (отпуск, отжиг);
- Удлинение времени технологического процесса;
- Увеличение транспортных расходов;
- Требуют дополнительные площади на складирование и хранение;
- Создание дополнительных технологических заделов.

Все это говорит о том, что эти методы снижения остаточных напряжений не экономичны, требуют дополнительных затрат.

В последние годы для снижения остаточных напряжений стали применять вибрационную обработку.

Остаточные напряжения являются следствием деформации кристаллической решетки; для того, чтобы их уменьшить, металлу необходимо сообщить некоторый энергетический импульс. При вибрационном методе снятия напряжений в металл вводится энергия колебаний, деталь подвергают вибрационной обработке в заданном режиме, при этом в ней возникают дополнительные напряжения, которые, суммируясь с первоначальными остаточными напряжениями, создают еще более напряженное состояние. Благодаря этому в поликристаллическом материале происходят сдвиги кристаллической решетки, сопровождающиеся перераспределением напряжений, а молекулы приходят в равновесное состояние. В конечном счете, остаточные напряжения в пределах отдельных зерен и по их границам уменьшаются.

Вибрация должна происходить с резонансной или близкой к ней частотой. Длительность процесса в большинстве случаев небольшая и зависит от материала детали, ее размеров и конфигураций.

Вибрационный метод пригоден для снятия остаточных напряжений в сварных конструкциях, отливках и заготовках, полученных методами пластической деформации. Он пригоден также для снятия напряжений, вызванных механической обработкой-фрезерованием, строганием, шлифованием, протягиванием, сверлением и тд. В зависимости от размеров деталей применяют либо вибрационные стенды (для деталей небольших размеров), либо прикрепляемые к деталям вибраторы.

Вибрационная обработка по сравнению с термическими способами снятия напряжений обладает рядом преимуществ. К ним относятся:

- Почти полное отсутствие деформаций; детали не изменяют своей формы и размеров, вследствие чего отпадает необходимость в последующей рихтовке, вновь повышающей внутренние напряжения;
- Отсутствие опасности возникновения новых напряжений, которые могли бы появиться при неправильном режиме термической обработки;
- Сокращение длительности процесса. Отпадает необходимость в создании большого задела и соответствующих площадей для хранения деталей (что требуется при естественном старении);
- Малые капитальные затраты на оборудование;
- Универсальность и портативность оборудования, что позволяет производить работы по снятию напряжений в любом месте и исключает межоперационную транспортировку для выполнения операций.
- Небольшой расход энергии;
- Простота обслуживания оборудования.

Однако для применения вибрационного метода имеются некоторые ограничения. Так, для изделия небольшой длины при большой толщине основных элементов и для изделий высокой жесткости вибрационная обработка не дает положительных результатов, так как имеющиеся источники вибрации не могут развить частоту, необходимую для создания условий резонанса.

Нельзя применять вибрационный метод для снижения напряжений в деталях, имеющих низкую прочность или микродефекты, так как это может привести к их разрушению.

Проведенные эксперименты, подтверждают выводы большинства исследователей о том, что снижение остаточных напряжений наступает в результате пластической деформации, вызываемой совокупным действием остаточных напряжений и напряжений от внешних нагрузок. Степень уменьшения остаточных напряжений зависит от величины внешних нагрузок, и больше всего напряжения снижаются при первых циклах нагружения. Вибрации, вызывающие в конструкциях незначительные напряжения от внешних нагрузок, не снижают внутренних напряжений.

Снижения остаточных напряжений можно добиться приложением циклических нагрузок. Величина этих нагрузок должна быть такой, чтобы в сумме с остаточными напряжениями они несколько превышали предел упругости при циклической нагрузке. Циклические нагрузки следует выбирать такими, чтобы суммарное напряжение было достаточным для снижения остаточных напряжений, но не было слишком близким к пределу усталости. Маятниковые нагрузки более эффективны, чем пульсационные.

Величину остаточных напряжений, возникающих при воздействии циклической нагрузки, можно определить заранее по диаграмме напряжений, зная величины циклической нагрузки, исходного остаточного напряжения и конечной деформации.

Данные различных исследователей об эффективности вибрационной обработки низколегированных сталей противоречивы; в ряде работ указывается, что вибрационная обработка этих деталей дает малоощутимые результаты. По-видимому, это объясняется сложностью выбора величины циклических нагрузок, которые должны быть больше предела текучести (повышающимся при циклическом нагружении за счет упрочнения этих материалов) и меньше предела усталости, причем интервал между ними невелик. Для того, чтобы воспрепятствовать возрастанию амплитуды до величины, вызывающей появление пластических деформаций и усталостных явлений, применяют электронную аппаратуру, автоматически ограничивающую резонансную частоту.

Результаты и порядок проведения эксперимента

Для снятия остаточных напряжений вибрационным методом возьмем 4 партии отрезков трубы по 10 штук. ГОСТ 3262-75 диаметром 114 мм и длиной 95 мм. Научным путем мы выяснили, что труба входит в резонанс при 250 Гц. Вдоль трубы навариваем сварные швы через 60° . Этими действиями наводим остаточное напряжение в трубе от сварки. Одну обрезанную трубу оставляем непроваренной. Две трубы с наваренными сварными швами и без швов оставляем обработанными в качестве контрольных образцов. Одну из труб присоединяем к установке. Время вибрации в первом опыте более 5 минут. Затем к установке присоединяем второй опытный образец. Здесь продолжительность вибраций 1 минута. Разрежем трубы на кольца высотой 10 мм. Режим резания при этом должен быть щадящим, чтобы не возникло новых остаточных напряжений при резании. Распишем кольца и проконтролируем образовавшийся зазор.

Результаты замеров сведем в таблицу.

Таблица 2.1

Наименование опытного образца	Время вибрации в минутах	Зазор в мм	
		1	2
Невареная труба	0	5,70	5,75
Контрольная труба со швами	0	3,65	3,40
Труба со швами, после вибрации	1	2,95	3,00
Труба со швами, после вибрации	5	2,25	2,05

Самый большой зазор получился на невареной контрольной трубе. То есть здесь были большие остаточные напряжения. Меньший зазор на контрольной трубе со сварными швами объясняется тем, что величина остаточных напряжений уменьшилась в результате нагрева трубы при сварке и произошедших в результате этого пластических деформаций. С увеличением времени вибраций прослеживается всё большее уменьшение зазора. Отсюда можно сделать вывод о снижении остаточных напряжений.

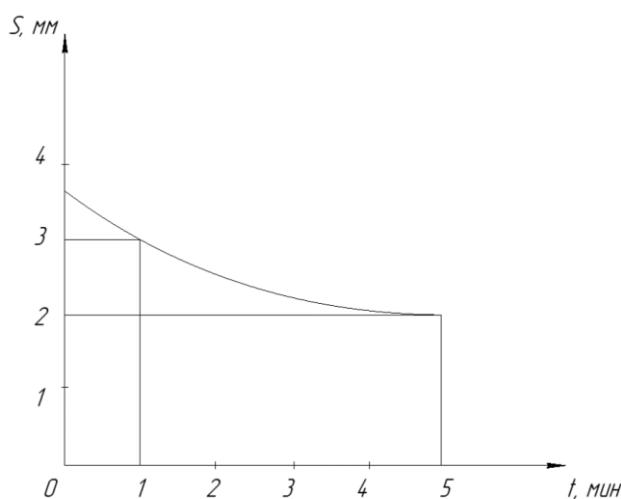


Рис 2.2 График зависимости зазора от времени воздействия на образец

Примем за 100% остаточных напряжений напряжение в трубе со сварными швами, которая не проходила виброиспытания. Тогда можно рассчитать процент снятия напряжений после 1 и 5 минут вибраций. Процент снятия напряжения рассчитываем по формуле:

$$\Pi = 100 - \frac{S_1 \cdot 100}{S}$$

где

S_1 – зазор в кольце после проведения опыта,

S – зазор в кольце от контрольной вареной трубы.

При 1 минуте вибрации

$$\Pi = 100 - \frac{2,95 \cdot 100}{3,65} = 19\%$$

При 5 минутах вибрации

$$\Pi = 100 - \frac{2,05 \cdot 100}{3,65} = 45\%$$

То есть самое эффективное снятие остаточных напряжений происходит за первую минуту вибраций.

Исходя из вышеописанных данных можно сделать вывод, что вибрационный метод снятия остаточных напряжений, достаточно перспективный и имеет все шансы на внедрение в производство.

Список литературы:

1. Александров А. А. Моделирование термических остаточных напряжений при производстве маложестких деталей: дисс. канд. техн. наук: Иркутск, 2016. 165 с.
2. Бейненсон Ю. А. Характеристика остаточных механических напряжений в металлах. М.: Металлургия, 1968.
3. Билчинский Л. И. Остаточные напряжения в металлических конструкциях. М.: Машиностроение, 1986.
4. Биргер И.А. Остаточные напряжения. -М.: Машгиз, 1963.
5. Буркин С. П. Остаточные напряжения в металлородукции: учебное пособие, Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. С. 12
6. Буркин С. П., Шимов Г. В., Андрюкова Е. А. Остаточные напряжения в металлопродукции: учебное пособие. – 2015.
7. Гатовский К.М., Кархин В.А. Теория сварочных деформаций и напряжений. Л.: ЛКИ. 1980. 331 с.
8. Горелов В.Н., Костин В.А. Остаточные напряжения и деформации в сварных конструкциях. М.: Машиностроение, 1988.
9. Костин В.А. Остаточные напряжения в сварных конструкциях. М.: Машиностроение, 1988.