

Остаточные напряжения при сварке

Студентка группы 10а-21ТМО Абдукаримова Ф.А.
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
Алмалыкский филиал
Республика Узбекистан, г. Алмалык

Целью настоящей работы является обзор существующих видов сварочных напряжений и деформации. Приводится обзор иностранной и отечественной литературы.

Во многих отраслях промышленности, в строительстве, кораблестроении сварка является одним из основных способов соединения металлических деталей, конструкций. Около 80% выпускаемого металлического проката используется в сварочном производстве.

Наряду с большими преимуществами, такие как высокая производительность, универсальность, возможность широкого применения роботов и автоматизированных систем сварке присущи недостатки:

- остаточные напряжения и деформации;
- изменение свойств металла в зоне термического влияния;
- чувствительность к циклическим нагрузкам.

Остаточные напряжения и деформации, их влияние на конструкции и на металл зоны соединения, методы устранения описаны в трудах многих зарубежных и отечественных учёных и специалистов.

Наибольший вклад в этом направлении внесли Рыкалин Н.Н, Николаев Г.А, Винокуров В.А, Касаткин.Б.С, Махненко И.В, Зарцин А.А и другие. В области сварочных напряжений и деформаций следует отметить учёных Абдуллаева М.А. Дуняшина Н.С. и Ерматова З.Д. Ими были проведены широкий спектр теоретических и практических исследований по методам определения, предупреждения и уменьшения остаточных напряжений и деформаций. Остаточные напряжения и деформации возникают вследствие высоким местным нагревом электрической дугой или другими источниками сварочного тепла. Следует отметить, что остаточные напряжения являясь определяющим свойством сварочного шва может возникать в процессе последующих видов обработки - механической или термической.

Остаточные напряжения классифицируются по протяжённости и их физической сущности.

Принята следующая классификация остаточных напряжений:

- напряжения первого рода – это макронапряжения, уравновешенные в макро-объёмах сварочного шва или основного металла;
- напряжения второго рода – микронапряжения, уравновешенные в пределах размера зерна металла сварного шва или основного металла;
- напряжения третьего рода – субмикроскопические относящийся к искажению атомной решётки кристалла.

Напряжение второго рода уравновешены в пределах отдельного зерна металла сварного шва основного металла или группы зёрен.

Напряжения третьего рода уравновешены в пределах нескольких межатомных расстояний.

В зависимости от характера и интенсивности физико-механических процессов различают напряжения (+) и напряжения сжатия (-).

Если в процессе сварки в объёме всей конструкции или детали сумма проекций всех сил рано нулю, это означает что сварной шов, конструкция или деталь уравновешены растягивающими, сжимающими напряжениями и действующими силами.

Влияние остаточных напряжений в значительной степени оказывают воздействие на сопротивление усталости деталей и на статическую прочность в условиях хрупкого разрушения.

Остаточные напряжения могут способствовать разрушению сварного шва или конструкции ещё до приложения рабочих нагрузок. Сжимающие остаточные напряжения повышают характеристики сопротивления усталости, растягивающие остаточные напряжения наоборот, снижают характеристики сопротивлению усталости.

Различают сварочные напряжения:

- линейные (одноосные) – действующие только на одной оси в одном направлении;
- плоскостные (двухосные) – действуют в двух направлениях (плоские детали, оболочки);
- объёмные (трёхосные) – действуют в трёх направлениях.

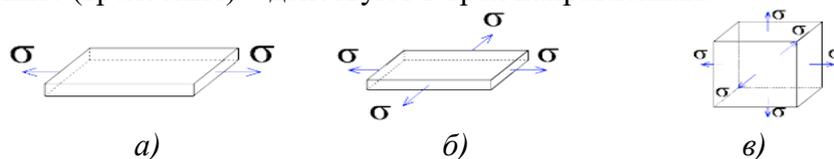


Рисунок 1 - Виды напряжений:
 а) линейные б) плоскостные; в) объёмные

Остаточные напряжения определяются:

- механическими методами, основанные на измерении перемещений или деформации образца или конструкции;
- рентгеновскими методами, при котором измеряется изменение расстояния между кристаллографическими плоскостями, вызванные остаточными напряжениями;
- измерением омического сопротивления или магнитной проницаемости;
- ультразвуковым методом.

Уменьшение остаточных напряжений и деформаций может быть достигнуто следующими методами:

1. **Рациональное проектирование сварных изделий**, заключающееся в расположении сварных швов по возможности ближе к центру тяжести поперечного сечения с целью уменьшения изгибающих моментов от усадочных сил.

2. **Рациональный выбор способа и режимов сварки** с целью уменьшения тепловложения в металл и таким образом уменьшения эпюры остаточных продольных пластических деформаций укорочения, являющихся, в основном, ответственными за остаточные напряжения и деформации.

– При сварке листов стремиться к возможно более равномерному их разогреву с целью уменьшения угловых деформаций.

- Применение термической печной или локальной обработки сварных изделий.
- Применение вибрационной обработки.
- Применение взрывной обработки.
- Применение активного нагружения свариваемых элементов в процессе сварки.
- Применение сборочно-сварочной оснастки с охлаждением.
- Статическое нагружение после сварки.
- Предварительный подогрев перед сваркой.
- Прокатка тонкостенных сварных соединений после сварки.
- Термическая правка после сварки.

В качестве примеров управления короблением сварных изделий можно назвать термическую правку прогиба сварных балок, тепловую правку местных деформаций потери устойчивости тонколистовыми элементами сварных конструкций, правку грибовидности полок сварных тавровых или двутавровых балок механическим путем, устранение деформаций при сварке фланцев в оболочковые конструкции применением обратного выгиба свариваемых кромок, устранение деформаций «корсетности» при сварке кольцевых швов на тонкостенных цилиндрических оболочках прокаткой роликами зоны пластических деформаций и др.

В теории сварочных деформаций и напряжений выделяют два основных метода решения задачи определения сварочных напряжений деформаций.

Первый метод в литературе известен как метод фиктивных сил. Этот способ основан на предположениях одномерности поля напряжений и гипотезе плоских сечений. Он подразумевает, что в процессе остывания металла в зоне шва возникают усадочные растягивающие напряжения, которые представляются в виде активной нагрузки, приложенной к свариваемой детали. Применяя гипотезу плоских сечений и учитывая, что в данном поперечном сечении внутренние силы находятся в равновесии, можно найти основные параметры для определения закона распределения этих усадочных напряжений.

Второй метод основан на решении обратной температурной задачи деформируемой среды. В процессе исследования возникающих сварочных напряжений и деформаций, устанавливается закон распределения температуры свариваемой детали для любого момента времени в зависимости от мощности источника и скорости его перемещения. Далее, на основании построенной температурной кривой и гипотезы плоских сечений, находят как временные, так и остаточные напряжения и деформации для данного поперечного сечения свариваемой детали. В связи с интенсивным развитием вычислительной техники стало возможным выполнение любых расчетов, в том числе и определение остаточных сварочных напряжений. В настоящее время на передний план выходят более универсальные методики, характеризующиеся простотой задания исходной информации. В основе таких методик лежит, в частности, метод конечных элементов, позволяющих решить данную задачу (ANSYS, ABAQUS, SYSWELD). В работе Я.А. Колесникова и М.З. Ямилева численным моделированием с помощью конечно элементного программного комплекса ANSYS 10.0 было исследовано напряженно-деформированное состояние сварного шва из стали 15X5M с учетом возникновения в сварном соединении и зоне термического влияния закалочной структуры. В результате исследования были получены следующие результаты: – наибольшая концентрация напряжений и деформаций возникает в зоне сварного шва и в зоне сплавления, при этом эквивалентные остаточные напряжения (по Мизесу) достигают предела текучести. – уровень остаточных окружных напряжений при сварке без подогрева превышает предел текучести металла шва на 21%. – в случае сварки с предварительным подогревом величина максимальных эквивалентных и окружных напряжений снижается по сравнению со сваркой без подогрева на 15% и 17,5% соответственно, за счет больших пластических деформаций в сварном шве (увеличение на 9,8%)

Первые работы по остаточным напряжениям были приведены Н.В.Калакуцким и И.А. Умновым широко применяются механические методы, как универсальные позволяющие более точно определить распределение остаточных напряжений на поверхности изделия или шва.

Список использованных источников

1. Abdullayev M.A., Dunyashin N.S., Ermatov Z.D. Payvand birikmalarining turlari, kuchlanishlar va deformatsiyalar. Darslik –T.: Fan va texnologiyalar nashriyot matbaa uyi, 2022, - 160 b.
2. Сварка и свариваемые материалы под редакцией В.М. Ямпольского Изд-во МГТУ им Баумана, 1998. – 574 с.