

В. В. КУПАЕВ

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Ключевые слова: деформация, зона термического влияния, кристаллизация, напряжение, отпуск, предсварочный нагрев, сварной шов.

Аннотация. Рассмотрены металлургические процессы при выполнении сварочных работ. Дана краткая характеристика использования термической обработки металлов при выполнении сварочных работ и нормализации сварных соединений.

Сваркой называется процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их нагревании или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого [1, с. 3]. Различают два вида сварки: сварку плавлением и сварку давлением.

Сущность сварки плавлением состоит в том, что металл по кромкам свариваемых частей оплавляется под действием теплоты источника нагрева. Источником нагрева могут быть электрическая дуга, газовое пламя, расплавленный шлак, плазма, энергия лазерного луча. При всех видах сварки плавлением образующийся расплавленный металл одной кромки соединяется и перемешивается с расплавленным металлом другой кромки, создается общий объем жидкого металла, который называется сварочной ванной. После затвердевания сварочной ванны получается сварной шов.

Рассмотрим подробнее сварочную ванну, образующуюся, например, при дуговой или газопламенной сварке. При ручной сварке толстопокрытыми электродами глубина погружения дуги составляет 3–4 мм. По мере продвижения дуги в хвостовой части зоны плавления металла происходит интенсивный отвод тепла в массу холодного металла. Кристаллиты растут в направлении, перпендикулярном к поверхности теплоотвода. Кристаллизация металла шва, т. е. переход из жидкого состояния в твердое, протекает с остановками. После охла-

ждения первого слоя происходит некоторая задержка кристаллизации из-за ухудшения теплоотвода и выделения скрытой теплоты кристаллизации первого слоя. После некоторой задержки вследствие непрекращающегося теплоотвода вглубь основного металла начинает кристаллизоваться второй слой и т. д. Таким образом, периодически происходит кристаллизация по всему продольному и поперечному сечению металла шва.

Толщина кристаллизационных слоев может колебаться от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Закристаллизовавшийся металл однопроходного шва имеет столбчатое строение, это обусловлено тем, что в направлении отвода теплоты (перпендикулярно границе плавления) кристаллы растут быстрее, чем в других направлениях. Ось каждого кристаллита обычно не является прямой, она несколько изогнута в направлении вершины шва [3, с. 219].

В процессе кристаллизации металла шва возникает неравномерное распределение составляющих сплава. Это в металловедении называют ликвацией. Ликвация – это, прежде всего, неоднородность по химическому составу. Ликвация зональная характеризуется различием химического состава периферийной зоны и центральной части металла шва. Дендритная (внутрикристаллическая) ликвация характеризуется неоднородностью химического состава отдельных кристаллов. Центральная часть дендритов состоит, как правило, из чистого твердого раствора, а граница между дендритами наиболее загрязнена вредными примесями. Поэтому разрушение металла шва чаще всего происходит по границам зерен.

На свойства сварного соединения наряду с химическим составом металла шва значительное влияние оказывает и структура металла шва, а также структура зоны термического влияния околошовной зоны. В процессе сварки нагревается основной металл и в нем происходят структурные изменения под действием высоких температур. Область нагрева называют зоной термического влияния (ЗТВ). Температура, до которой нагреваются отдельные участки ЗТВ, измеряется от температуры плавления до окружающей температуры. В зависимости от температуры нагрева, структурных и физико-механических изменений в ЗТВ различают следующие участки: неполного расплавления; перегрева; нормализации; неполной перекристаллизации; рекристаллизации; синеломкости.

Участок неполного расплавления является переходным от наплавленного металла к основному, его часто называют переходной зоной. В процессе сварки этот участок находится в твердожидком состоянии и поэтому переходная зона отличается по химическому составу

ву как от основного, так и от наплавленного металла. Свойства этого участка оказывают в большинстве случаев решающее влияние на работоспособность сварной конструкции. На участке перегрева в основном образуется крупнозернистая структура, которая заметно снижает пластичность металла и увеличивает его хрупкость. На участке нормализации свойства металла обычно выше свойств основного металла в его исходном состоянии. На участках неполной перекристаллизации и рекристаллизации присутствуют зерна исходного металла и наблюдается некоторое измельчение зерен, что, практически, не изменяет механических ЗТВ металла.

Сварной шов в совокупности с ЗТВ способствует возникновению собственных напряжений и деформаций. Собственными называются такие напряжения, которые возникают без приложения внешних сил. В зависимости от причины возникновения различают следующие напряжения:

- тепловые, возникающие из-за неравномерного распределения температуры при сварке;
- структурные, появляющиеся вследствие структурных превращений сходных с закалкой.

В зависимости от времени существования собственных напряжений и деформаций их подразделяют на временные и остаточные. Временные напряжения и деформации существуют в конструкции только в какой-то момент времени. Если возникшее напряжение не превышает предела упругости, то временные напряжения и деформации исчезают (снимаются) после охлаждения изделия. Остаточные – остаются в изделии после исчезновения причины, их вызвавшей. Эти напряжения и деформации также возникают вследствие неравномерного нагрева, но они слишком велики и могут привести к появлению трещин или разрушению сварного соединения. В некоторых случаях разрушения не происходит, но большие деформации выводят сваренную конструкцию из заданных размеров.

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно рассматривать по двум группам:

1. Мероприятия, предотвращающие возможность возникновения напряжений и деформаций или уменьшающие их влияние;
2. Мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие остаточных напряжений.

К первой группе можно отнести такие меры, как выбор правильной последовательности сварки изделия, жесткое закрепление изделия, предварительный обратный выгиб, сопутствующий подогрев, интенсивное охлаждение в процессе сварки, уменьшение количества

сварных швов, симметричное расположение ребер жесткости, применение гнутых профилей.

Ко второй группе относятся: местная проковка металла шва или ЗТВ, правка под действием статической нагрузки. Местный нагрев и механическая правка, термическая обработка.

Для устранения, приведенных выше недостатков сварных соединений, достижения характеристик металла шва и ЗТВ, близких к характеристикам основного металла, применяются некоторые термические работы: подогрев свариваемого металла, отпуск.

При предварительном или сопутствующем подогреве свариваемого металла уменьшается перепад температур между соседними участками сварного соединения и несколько снижаются напряжения. Такой подогрев можно осуществлять индукционным способом, газовым пламенем или электрическими нагревателями. При сварке сталей с подогревом до температуры 200 °С остаточные напряжения снижаются на 30 % по сравнению со сваркой без подогрева. Можно проводить как общий, так и местный сопутствующий подогрев. При местном подогреве нагревают участок шириной 40...50 мм по обе стороны шва.

В случае изготовления особо ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей при толщине металла более 40 мм проводят дополнительный подогрев до температуры 100...120 °С при толщине металла более 30 мм.

Если в процессе сварки не удастся снизить напряжения и деформации до заданного уровня, появляется необходимость в устранении их путем общего высокого отпуска (нагрев до 630...650 °С с выдержкой при этой температуре из расчета 2...3 мин на 1 мм толщины металла). Охлаждение должно быть медленным, чтобы снова не возникли напряжения. Поэтому деталь охлаждают до температуры 300 °С с печью, а затем на воздухе.

Релаксация (снятие) сварочных напряжений при высоком отпуске происходит вследствие снижения предела текучести стали при температуре 600 °С, в результате материал практически не оказывает сопротивления пластической деформации [2, с. 115].

В ряде случаев можно ограничиться высоким отпуском отдельных элементов конструкции, причем, обычно при сварке изделий из стали с пониженным содержанием углерода и легирующих элементов достаточно предварительного местного или общего подогрева без последующей термообработки.

Недостаточно высокая свариваемость чугунов связана с охрупчиванием сварного шва и ЗТВ в связи с отбеливанием при охла-

ждении после сварки, образованием горячих и холодных трещин, пористостью, обусловленной интенсивным газовыделением при сварке и повышенной жидкотекучестью чугунов, затрудняющей удержание сварочной ванны от вытекания. Различают сварку с подогревом (горячую) и без подогрева (холодную). Горячая сварка может проводиться со слабым подогревом (до температуры 300...400 °С) и с сильным подогревом (до 600...700 °С).

Технология горячей дуговой сварки чугуна включает в себя следующие операции: подготовка под сварку, предварительный подогрев, сварку и последующее медленное охлаждение изделий. При горячей сварке чугуна используют следующие виды сварки: ручную дуговую и механизированную дуговую порошковой проволокой.

Термическую обработку при выполнении сварочных работ в сварочной лаборатории Нижегородского государственного инженерно-экономического института можно вести несколькими способами: в кузнечном горне ацетиленокислородным резаком или пропановой горелкой, изготовленной в институте. Горелка имеет следующие характеристики: температура пламени 600 °С, длина – до 300 мм, диаметр пламени – 50 мм, расход газа при максимальной мощности – 5 кг/ч, вес – 1 кг, переносная. Применять горелку можно для увеличения скорости остывания нагретого металла, последовательно уменьшая мощность пламени. Она пригодна и при выполнении сварочных работ изделий из чугуна.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 2601-84 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий. М.: Изд-во стандартов. 1984. 57 с.
2. Маслов В. И. Сварочные работы: учебник для нач. проф. образования. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия». 2012. 288 с.
3. Чернышов Г. Г. Сварочное дело: Сварка и резка металлов: учебник для нач. проф. образования. 7-е изд. стер. М.: Издательский центр «Академия». 2013. 496 с.

HEAT TREATMENT OF METALS WHILE WELDING

Keywords: *deformation, heat-affected zone, crystallization, stress, vacation, heating, field weld.*

Annotation. *Metallurgical processes when welding are considered. A brief characterization of the use of heat treatment of metals for welding work and normalization of welded joints is presented.*

КУПАЕВ ВЛАДИМИР ВАЛЕРЬЕВИЧ – заведующий лабораторией сварки и наплавки кафедры технического сервиса, Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино (texservis21@mail.ru)

KUPAEV VLADIMIR VALERIEVICH – Head of the laboratory of welding and cladding of the chair «Technical Service», Nizhniy Novgorod State Engineering and Economic Institute, Russia, Knyaginino (texservis21@mail.ru)
