

Контрольные задания по практической работе 1. Лазерная сварка сверхнизкоуглеродистой микролегированной холоднокатаной полосы

На основании результатов и выводов по разделам работы в полученных результатах выбрать данные (фотографии микроструктуры, графики, диаграммы, таблицы), которые иллюстрируют следующие заключения:

1. Образцы для металлографического анализа охватывали зону сварного шва, околошовную зону (ОШЗ) и основной металл.
2. В структуре исследованных сварных соединений после осуществления лазерной сварки отчетливо идентифицируются следующие характерные кристаллические зоны: зона кристаллизации сварного шва, зона перегрева, зона перекристаллизации, зона рекристаллизации и зона основного холоднодеформированного металла, не подвергавшегося термическому воздействию тепла сварочной ванны.
3. В зоне кристаллизации шва наблюдается структура, состоящая из массивного феррита в виде крупных квазиполигональных зерен и бейнита, представляющего собой рейки толщиной от 0,5 до 1 мкм и длиной до 25 мкм.
4. Структура, состоящая из массивного феррита, образовавшегося бездиффузионным путем по нормальному механизму, и бейнита, образовавшегося по промежуточному механизму сформировалась в результате вторичной кристаллизации дендритной структуры шва при больших скоростях охлаждения приблизительно 1000 °C/с, характерных для лазерной сварки.
5. В ОШЗ можно выделить зону перегрева с крупными ферритными зернами, в которой металл нагревался значительно выше A_{c3} (до 1450 °C).
6. Зона перекристаллизации ОШЗ включает себя зону нормализации с перекристаллизовавшимися мелкими зернами феррита, в которой металл нагревался до температуры несколько выше A_{c3} (до 900-1000 °C), и зону частичной перекристаллизации, в которой металл нагревался до температуры в интервале A_{c1} – A_{c3} , состоящую из мелких перекристаллизовавшихся зерен (там, где образовался аустенит) и крупных рекристаллизованных зерен феррита (там, где не произошла фазовая перекристаллизация при нагреве).
7. В зоне термического влияния наблюдается зона рекристаллизации, в которой металл нагревался до температуры ниже A_{c1} и наблюдается структура, свидетельствующая о протекании процесса образования зародышей рекристаллизации, их роста и постепенной замены волокнистой структуры (деформированных зерен) на новые мелкие рекристаллизованные зерна.
8. Зона основного металла имеет волокнистую (фибровую) структуру, характерную для деформированного холоднокатаного металла: вытянутые зерна со следами деформации.
9. В микроструктуре сварных соединений полосы из стали 006/IF во всех зонах, за исключением зоны кристаллизации шва наблюдаются крупные частицы геометрически правильной формы размером до 10 мкм, которые идентифицируются как комплексные нитриды титана и ниобия, обогащенные титаном или нитриды титана.
10. В микроструктуре зоны шва кристаллизации стали 006/IF комплексные нитриды титана и ниобия, обогащенные титаном или нитриды титана частицы отсутствуют, поскольку были растворены в жидком металле сварочной ванны.
11. В ОШЗ, прилегающей к зоне кристаллизации шва стали 006/IF, наблюдается участок с крупными не растворившимися частицами нитридов титана. Комплексные нитриды, содержащие ниобий, имеют более низкую температуру растворения и поэтому растворяются под воздействием тепла сварочной ванны, и из-за высоких скоростей охлаждения, не успевают выделяться и не сдерживают рост зерна.

12. В участке ОШЗ сварного соединения полосы из стали 006/IF, прилегающей к зоне кристаллизации шва, образуются аномально крупные зерна феррита, ориентированные в направлении теплоотвода, что может быть объяснено замедлением выделения растворившихся в этой зоне частиц, из-за высоких скоростей охлаждения, характерных для лазерной сварки.
13. Протяженность зоны перекристаллизации сварного соединения из стали 006/IF составляет приблизительно 0,06 мм, что объясняется малым временем пребывания металла в этой зоне при температуре выше A_{c3} из-за больших скоростей теплоотвода в околошовную зону в процессе лазерной сварки.
14. Качество сварного соединения оценивается по пробе на выдавливание (по Эриксену): сварной шов считается качественным, если разрушение произошло перпендикулярно шву.
15. Качество сварного соединения оценивается по пробе на выдавливание: сварной шов считается не качественным, если разрушение произошло по шву или в ОШЗ параллельно шву.
16. Максимальное значение твердости наблюдается на оси сварного шва, что объясняется наличием бейнитной структуры. На некотором расстоянии от оси сварного шва наблюдается снижение твердости, минимальное значение которой соответствует зоне перегрева. По мере продвижения к основному металлу в зонах перекристаллизации и рекристаллизации твердость возрастает, достигая значения твердости основного холоднокатаного металла.
17. Качественно строение зон одинаково для всех исследованных марок стали. Однако протяженность зон и распределение микротвердости различаются в зависимости от сортамента стали.
18. Повышение микротвердости в зоне кристаллизации шва сварного соединения стали 006/IF примерно на 500 HV по сравнению с микротвердостью стали 08Ю, поскольку комплексные нитриды (карбонитридов) титана и ниобия и нитриды (карбонитриды) титана при сварке растворяются в металле сварочной ванны и при последующем охлаждении титан и ниобий остаются в твердом растворе металла зоны кристаллизации шва, обеспечивая твердорастворное упрочнение.
19. Распределение микротвердости свидетельствует, что разупрочнение в лазерных сварных соединениях в нелегированных сталях 10пс, 08пс и 08Ю составляет до 38 %, а в сверхнизкоуглеродистой стали 006/IF, микролегированной титаном и ниобием - всего до 15 %.
20. После рекристаллизационного отжига в сварном соединении зона рекристаллизации объединяется с основным рекристаллизованным металлом, вследствие чего протяженность области разупрочнения уменьшается на величину протяженности зоны рекристаллизации, что положительно сказывается на качестве соединения.
21. После лазерной сварки максимальные значения сжимающих остаточных напряжений соответствуют оси шва. На границе зоны кристаллизации шва и зоны перегрева, напряжения меняются на растягивающие, затем снова в зоне перегрева меняются на сжимающие, которые уменьшаются на протяжении зоны перекристаллизации и продолжают уменьшаться до значения остаточных напряжений основного металла.
22. После рекристаллизационного отжига в ОШЗ происходит некоторый рост зерен феррита в зонах перекристаллизации и рекристаллизации, а также рекристаллизация основного металла, в результате чего зона рекристаллизации объединяется с зоной основного металла.

23. После рекристаллизационного отжига в зоне кристаллизации шва наблюдается ферритно-цементитная структура, образовавшаяся в результате отпуска структуры, сформировавшейся в этой зоне при лазерной сварке.
24. Рекристаллизационный отжиг непрерывных полос с лазерными сварными соединениями из микролегированной стали 006/IF в линии непрерывного агрегата АНО/АНГЦ снижает микротвердость. Остаточные напряжения в зоне сварного шва и в ОШЗ уменьшаются, и их распределение становится более однородным.

Контрольные задания по практической работе 2. Влияние скорости охлаждения на структуру и микротвердость арматурной высокоуглеродистой арматурной стали, микролегированной бором

1. Объяснить принципы построения термокинетических диаграмм с использованием современного исследовательского комплекса Gleeble 3500
2. Используя термокинетическую диаграмму, объяснить влияние скорости охлаждения на микроструктуру стали 80P.
3. Обосновать условия охлаждения, обеспечивающие формирование требуемой структуры при охлаждении заготовки после горячей прокатки на сортовом стане.