

Научные тезисы

УДК 621.78:621.792

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАКАЛКИ НА СТРУКТУРУ И ТВЕРДОСТЬ 3D-НАПЛАВКИ

Григорий Евгеньевич Трекин

Нижнетагильский технологический институт (филиал)

Уральского федерального университета

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Нижний Тагил, Россия

trekin1963@yandex.ru

Аннотация. Развитие робототехники сделало возможным получение заготовок последовательной наплавкой одного валика на другой, поэтому становятся актуальными исследования влияния термической обработки на металл, полученный таким способом. В настоящей работе проведены металлографическое и дюрOMETрическое исследования 3D-заготовки из низкоуглеродистого низколегированного металла, полученного наплавкой под флюсом и закаленного от различных температур. Проанализированы изменения структуры и твердости в характерных зонах заготовки.

Ключевые слова: наплавка, наплавленный металл, температура закалки, твердость, низколегированный низкоуглеродистый наплавленный металл

Scientific thesises

THE EFFECT OF THE QUENCHING TEMPERATURE ON THE STRUCTURE AND HARDNESS OF WAAM OBTAINED LOW-CARBON LOW-ALLOY STEEL

Gregory Ye. Trekin

Nizhny Tagil Institute of Technology (branch) Ural Federal University

named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Nizhny Tagil, Russia

trekin1963@yandex.ru

Abstract. In present condition of robots was possible wide spreading of wire arc additive manufacturing (WAAM). And it is the reason for investigating the effect of the heat treatment on the properties of the WAAM obtained metal. In presented article was investigated the quenched low-carbon low-alloy steel obtained by means of pass above pass submerged arc welding. Was carried out metallographic and hardness tests. Was analysed structure and hardness changes in specific zones of specimens.

Keywords: arc deposition, deposited metal, quenching, hardness, low-carbon low-alloy steel

Развитие робототехники привело к довольно широкому распространению аддитивного изготовления деталей наплавкой, или 3D-наплавки, при которой валики наплавляются последовательно один на другой и формируют заготовку. Изучение влияния термообработки на свойства металла, полученного 3D-наплавкой, является актуальной задачей. В настоящей работе исследованы твердость и структура низкоуглеродистой низколегированной 3D-стальной заготовки после закалки от различных температур и высокого отпуска.

Наплавка выполнялась на типовых режимах проволокой НП-30ХГСА под слоем флюса АН-348 А с полным остыванием после выполнения каждого слоя. Были рассчитаны температуры критических точек для данного состава и назначены температуры нагрева 700, 750, 800, 850, 900, 1100 °С. Время выдержки после выхода печи на заданную температуру составляло 30 мин, охлаждение производили в воде. Металлографическое исследование и измерение микротвердости образцов по методу Виккерса при помощи микротвердомера «Future-Tech FM-300» и программного комплекса «Thixomet Pro»: нагрузка — 100 г, время выдержки — 5 с. Определение химического состава производили при помощи оптико-эмиссионного спектрометра «Q2 ION» фирмы «Bruker».

Поскольку при наплавке под этим флюсом углерод выгорает, а кремний и марганец переходят из флюса в наплавленный металл, формируется состав 12Г2СХ. Как показано в наших предыдущих публикациях [1; 2], последний валик закаливается от охлаждения из-за теплоотвода в заготовку, поскольку заготовке давали время остыть практически до комнатной температуры. В предыдущих трех прослойках оставшихся от валиков формируется зона термического влияния и далее располагается наибольший объем наплавленного металла, прошедшего автотермо-циклическую обработку (АТЦО). Исследования структуры и твердости выполнялись в верхнем закаленном валике и зоне

автотермоциклической обработки. После наплавки в верхнем последнем валике формируется мартенситная структура с твердостью 380 HV, а в зоне АТЦО — феррито-перлитная, с твердостью 312 HV. После высокого отпуска в закаленной зоне появляются участки пакетов светлых пластин максимальной толщиной до 3 мкм, предположительно — ферритных. В наплавленном металле, прошедшем АТЦО, происходит увеличение дисперсности феррита. Средняя микротвердость в обеих зонах снижается до 280 HV. При закалке из нижнего и среднего участков температур межкритического интервала в структуре обеих зон появляются темные мартенситные участки, но дисперсность в зоне АТЦО выше. Твердость интенсивно возрастает до 410 HV также для обеих зон. Закалка из верхнего участка межкритического интервала и окрестностей Ас3 приводит к образованию более крупных мартенситных участков в зоне первичной закалки и самой дисперсной структуры в зоне АТЦО. Темп роста твердости замедляется, и она выходит на максимальное значение 452 HV. Закалка со значительным перегревом выше Ас3 ожидаемо приводит к образованию мартенситной структуры с дисперсностью, аналогичной исходному состоянию обеих зон. Твердость ничтожно снижается в пределах ошибки измерения.

Изменение твердости обуславливает процесс роста объемной доли мартенсита при одновременном снижении его твердости из-за снижения легированности. Рост дисперсности структуры с повышением температуры закалки до Ас3, по всей видимости, связан с процессами рекристаллизации, энергия для которой запасена в результате термомодеформационного воздействия от усадки при кристаллизации и охлаждении сварочной ванны.

Таким образом, увеличение температуры закалки до Ас3 вызывает увеличение дисперсности структуры и твердости наплавленного металла как в закаленном верхнем валике, так и в зоне автотермоциклической обработки. При перегреве выше температуры конца превращения твердость практически не изменяется, а структура огрубляется до исходного уровня дисперсности для обоих характерных участков микроструктуры.

Список источников

1. Трекин Г. Е., Шевченко О. И. Исследование структуры и твердости 3D-наплавки проволокой 30ХГСА // Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов : материалы XXIV Уральской

школы металловедов-термистов (19–23 марта 2018 года, Магнитогорск) / отв. ред. М. В. Чукин, А. Н. Емелюшин. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2018. С. 173–174.

2. Trekin G. E. Investigation of structure and properties of low alloy steel obtained by wire arc additive manufacturing under various fluxes // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 966, P. 12044. URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/94292?mode=full> (date of access: 02.01.2022).

References

1. Trekin G. E., Shevchenko O. I. Issledovanie struktury` i tverdosti 3D naplavki provolokoj 30XGSA. Aktual`ny`e problemy` fizicheskogo metallovedeniya stalej i splavov : materialy` XXIV Ural`skaya shkola metallovodov-termistov (19–23 marth 2018, Magnitogorsk) / отв. red. M. V. Chukin, A. N. Emelyushin. Magnitogorsk : Publishing house Magnitogorsk State Technical University. University named after G. I. Nosov G. I. Nosova, 2018. P. 173–174.

2. Trekin G. E. Investigation of structure and properties of low alloy steel obtained by wire arc additive manufacturing under various fluxes // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 966, P. 12044. URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/94292?mode=full> (date of access: 02.01.2022).