

Выводы

1. Показано, что в наплавленном хромовольфрамовом металле наблюдается эффект повышенной пластичности в момент мартенситного превращения и его можно использовать для релаксации напряжений в процессе наплавки и предотвращения холодных трещин.

2. Показана определяющая роль сверхпластичности в релаксации временных напряжений в хромовольфрамовом металле.

Литература.

1. Геллер Ю. А. Инструментальные стали /Ю.А. Геллер – М.: Металлургия, 1975. – 584с.
2. Гуляев А.П., Сармянова Л.М. Технологическая пластичность быстрорежущих сталей // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1969. – №7. – С. 2–9.
3. Малушин Н.Н. Обеспечение качества деталей металлургического оборудования на всех этапах их жизненного цикла путем применения плазменной наплавки теплостойкими сталями / Н.Н. Малушин, Д.В. Валуев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 358 с.

ПРЯМЫЕ И КОСВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО ТЕПЛОСТОЙКОГО МЕТАЛЛА ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ

Н.Н. Малушин, к.т.н., доц., В.Л. Осетковский, инж., Д.В. Валуев**, к.т.н., доц.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
654007, г. Новокузнецк ул. Кирова, 42 т.46-32-91, факс: (8-3843) 46-57-92,
E-mail : n malushin@mail.ru*

**ОАОЕвразЗСМК, г. Новокузнецк, E-mail :Vasiliy .osetkovskiy@evraz.com*

*** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-22-48.
E-mail: valuevden@rambler.ru*

Для анализа сварочных термомеханических циклов и исследований свойств наплавленного быстрорежущего металла широко применяется метод температурной (тепловой) микроскопии, который совмещает достоинства микроскопических и фрактографических методов, а также методов испытания механических свойств металлических материалов [174, 175].

Преимущества метода температурной микроскопии наглядно проявляются при изучении термосилового воздействия на сталь. Обычный метод – закалка не позволяет устанавливать, например, особенности кинетики формирования и роста зерен аустенита, определять продукты его распада при различных режимах термомеханического воздействия и др., в то время как метод температурной микроскопии имеет широкие возможности.

Этот метод полезен при проведении исследований, связанных с выбором химического состава и конструирования заданной структуры металлических материалов, в том числе сварных соединений и наплавленного металла, а также при прогнозировании поведения сварных соединений в условиях изменения сварочных термомеханических циклов, в определенной степени моделирующих реальные технологические процессы и условия эксплуатации.

При исследовании современных материалов, в том числе сварных соединений и наплавленного металла, имеющих сложную гетерогенную структуру, и для решения различных научных и технологических задач с помощью этого метода тепловой микроскопии нами были использованы специализированные установки типа ИМАШ–5С–69 и ИМАШ–20–75 [1].

В установках предусмотрена возможность проведения испытаний в вакууме или газовых средах. В установках температурной микроскопии есть нагревательное и нагружающее устройства, что позволяет моделировать различные реальные схемы технологических процессов. Практически все технологические процессы можно представить как ряд последовательных нагревов и охлаждений и параллельно – температурно-силовых воздействий. С помощью высокотемпературного микроскопа можно одновременно осуществлять непосредственное наблюдение за структурными изменениями, происходящими при моделировании, и фиксировать количественные параметры термомеханического воздействия на изменение структуры и зарождение разрушения. Особенности теплового режима сварки, а именно: высокая температура нагрева и высокие скорости нагрева и охлаждения определяют своеобразие перечисленных процессов в сварных соединениях и наплавленном металле.

Нами были проведены исследования свойств наплавленного теплостойкого металла высокой твердости на образцах, вырезанных электроэрозионным способом. Схема вырезки образцов из наплавленного металла и их общий вид показан на рисунке 1.

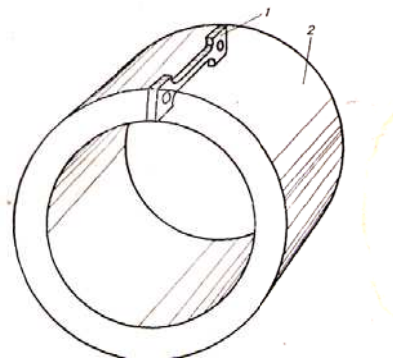


Рис. 1. Схема вырезки образцов из наплавленного металла:
1 – общий вид образца; 2 – слой наплавленного металла

На установках тепловой микроскопии ИМАШ–5С–69 и ИМАШ–20–75 исследовано влияние основных стадий термического цикла способов многослойной наплавки на упрочнение хромовольфрамового металла и стойкость против образования холодных трещин. Установлено, что максимальное упрочнение наплавленного металла (твёрдость \geq HRC64) можно достичь путём комплексного легирования углеродом, хромом, вольфрамом, азотом и алюминием (наплавленный металл типа стали Р18) и применения скоростей охлаждения, превышающих критические закалочные. Легирование азотом и алюминием (0,68 и 1 % соответственно) способствует измельчению аустенитного зерна, что благоприятно сказывается на увеличении стойкости против образования холодных трещин.

Показано, что применение предварительного подогрева с температурой $Mn + (50-100)^\circ C$ обеспечивает нахождение металла в аустенитном состоянии в процессе наплавки и приводит к стабилизации аустенита, увеличивающей количество остаточного аустенита в наплавленном металле, что повышает стойкость против образования холодных трещин.

Доказана возможность использования явления релаксации временных напряжений в интервале температур мартенситного превращения для уменьшения склонности наплавленного металла к образованию холодных трещин. Показано, что в релаксации временных напряжений определяющая роль принадлежит эффекту сверхпластичности в момент мартенситного превращения. Для уменьшения уровня оставшихся в металле напряжений необходимым соответствующим легированием сплава (углеродом, хромом, вольфрамом, азотом, алюминием, никелем и др.) сместить интервал релаксации временных напряжений в область комнатных температур. Наиболее благоприятно на увеличение стойкости против образования трещин сказывается легирование наплавленного металла никелем.

Доказано, что кратковременное снижение температуры подогрева на $(20-100)^\circ C$ ниже Mn приводит к частичной релаксации временных напряжений за счёт эффекта сверхпластичности, что предотвращает образование трещин в процессе многослойной наплавки.

Исследования на установках тепловой микроскопии позволили проследить кинетику изменения фазового состава и формирования временных напряжений в процессе нагрева и охлаждения по заданному термическому циклу наплавки.

Изменение фазового состава наплавленного металла можно оценить как при непосредственном наблюдении, так и по косвенным данным (микротвёрдости, размеру аустенитного зерна, величины карбидной фазы).

Оценка склонности наплавленного металла к образованию холодных трещин, проводимая на основе анализа кинетики формирования временных напряжений в жестко закрепленных образцах, может служить только для сравнения между собой различных сварочных материалов, способов и режимов наплавки. Данный метод оценки свариваемости относится к косвенным, при котором сварочный процесс заменен другим, имитирующим его процессом. Косвенные методы испытания следует рассматривать только как предварительные. Результаты их должны быть проверены путем прямых испытаний.

Данные, полученные при исследованиях на установках тепловой микроскопии, проверялись нами путем наплавки по разработанным способам заготовок диаметром 100 мм порошковыми прово-

локами разного химического состава. Оптимальное сочетание свойств наплавленного металла и низкого уровня остаточных напряжений обеспечивает наплавка порошковой проволокой ПП–P18ЮН, легированной углеродом, хромом, вольфрамом, алюминием, азотом и никелем. Температура подогрева снижается по сравнению с другими исследуемыми составами порошковых проволок до 230 °С.

При плазменной наплавке с сопутствующим охлаждением и температурой подогрева, равной 230 °С, трещины образуются в металле, наплавленном порошковой проволокой ПП–3Х2В8, ПП–4Х4В10Ю и ПП–P18Ю, дополнительно легированной кобальтом. Наплавка порошковой проволокой типа ПП–P18ЮН обеспечивает получение плотного металла. Холодные трещины в нем не обнаружены. Свойства наплавленного металла приближаются к свойствам закаленных сталей. Количество карбидного осадка, состав карбидов наплавленного металла типа P18 в зависимости от условий наплавки показан на рисунке 2.

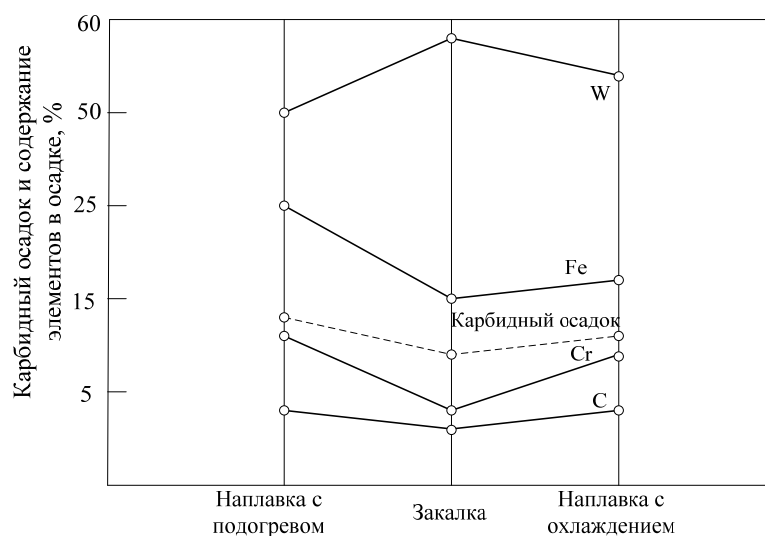


Рис. 2. Количество карбидного осадка, состав карбидов наплавленного металла типа P18 в зависимости от условий наплавки

Из данных рисунка 2 видно, что при медленном охлаждении, рекомендуемом для предотвращения образования холодных трещин в наплавленном металле [2], происходит увеличение количества выделившихся карбидов и обеднение аустенита. В закаленном наплавленном металле количество карбидов уменьшается, а, следовательно, увеличивается степень легированности твердого раствора. Это позволяет значительно увеличить твердость при последующем отпуске закаленного металла. Плазменная наплавка с низкотемпературным подогревом и сопутствующим охлаждением позволяет получать металл в состоянии, приближающемся к закаленному непосредственно по окончании процесса, что позволяет исключить процесс последующей закалки и упростить технологию получения наплавленного металла с высокой твердостью. Последующий отпуск увеличивает вторичную твердость. Некоторое увеличение карбидного осадка и содержание углерода и хрома в нем объясняется, по-видимому, выделением дополнительных карбидов, происходящим при повторном нагреве отдельных участков при наплавке [3].

Промышленные испытания в реальных заводских условиях подтвердили результаты прямых и косвенных исследований свойств наплавленного теплостойкого металла. Установлено, что изготовленные с применением плазменной наплавки активного слоя теплостойкими сталями высокой твердости рабочие валки стана холодной прокатки 6/100X315 полностью пригодны для условий прокатки и равнения труднодеформируемых сплавов и сталей приповышении в 1,5...2,0 раза стойкости по сравнению с серийными валками.

Повышение износостойкости наплавленных валков можно объяснить наличием в структуре мелкодисперсных карбидов M_6C и MC . Наличие в поверхностном слое наплавленных валков сжимающих напряжений и отсутствие резкого перехода сжимающих напряжений в растягивающие является, вероятно, одним из факторов, способствующих повышению износостойкости.

Выводы

Прямые испытания показали, что данные косвенных испытаний могут применяться при разработке новых способов наплавки и наплавочных материалов. Косвенные испытания на образцах позволяют разработать наплавочные материалы с желаемым комплексом свойств, выбрать термический цикл, обеспечивающий получение необходимых свойств наплавленного металла. Насколько достоверно имитируется процесс наплавки, можно судить при прямых испытаниях, оценивая свойства наплавленного металла (его твердость, наличие или отсутствие трещин, величину аустенитного зерна, состав и количество структурных составляющих).

Промышленные испытания в реальных заводских условиях подтвердили результаты прямых и косвенных исследований свойств наплавленного теплостойкого металла.

Литература.

1. Герасимова Л.П. Контроль качества сварных и паяных соединений: справочное издание /Л.П. Герасимова – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 376 с.
2. Фрумин И.И. Автоматическая электродуговая наплавка / И.И. Фрумин – Харьков: Metallurgizdat, 1961, – 421с.
3. Малушин Н.Н. Обеспечение качества деталей металлургического оборудования на всех этапах их жизненного цикла путем применения плазменной наплавки теплостойкими сталями / Н.Н. Малушин, Д.В. Валуев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 358 с.

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПРИ НАПЛАВКЕ ТЕПЛОСТОЙКИМИ СТАЛЯМИ ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.Н. Малушин, к.т.н., доц., В.Л. Осетковский, инж., Д.В. Валуев**, к.т.н., доц. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», 654007, г. Новокузнецк ул. Кирова, 42 т.46-32-91, факс: (8-3843) 46-57-92, E-mail : n malushin@mail.ru*

**ОАОЕвразЗСМК, г. Новокузнецк, E-mail : Vasiliy .osetkovskiy@evraz.com*

*** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета 652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-22-48. E-mail: valuevden@rambler.ru*

Анализ существующей технологии наплавки быстрорежущими хромовольфрамовыми сталями показал:

1. Применение высокотемпературного подогрева приводит к получению продуктов диффузионного распада, аустенита, обладающих низкой твердостью и износостойкостью.
2. Для увеличения твердости и износостойкости требуется последующая закалка наплавленных деталей, что не всегда возможно реализовать на практике.

3. Актуальной является разработка новых способов наплавки теплостойких сталей высокой твердости, которые исключали бы недостатки существующей технологии.

4. В то же время, как показывает проведенный анализ термических циклов некоторых способов сварки и наплавки, имеются предпосылки для получения наплавленного металла в состоянии, приближающемся к закаленному с высокой стойкостью против образования холодных трещин. Предпосылки для разработки способов многослойной наплавки закаливающимися быстрорежущими сталями изложены в работах [1,4,5].

Целью работы является обоснование выбора параметров термического цикла при наплавке теплостойкими сталями высокой твердости

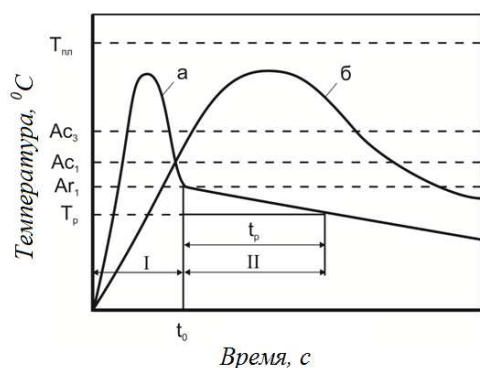


Рис. 1. Схема «идеального» «а» и обычного «б» термических циклов сварки: Ag_1 и Tr – начальная и конечная температура распада аустенита в заданной области; t_p – время распада аустенита