

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ НАПЛАВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Традиционно применяемые в наплавочных технологиях сплавы, как правило, не предусматривают последующей упрочняющей термической обработки. На практике из термической обработки применяется лишь отпуск от температур наплавки для уменьшения внутренних напряжений, а также предварительный и сопутствующий подогревы [1]. Существуют объективные и субъективные причины ограниченного использования термообработки:

- существующие схемы легирования наплавочных сплавов направленные на увеличение абразивной износостойкости обеспечивают образование литой структуры с большим количеством избыточных карбидов, боридов и др. Типичными наплавляемыми материалами являются высокохромистые специальные чугуны, хромистые и аустенитные высокомарганцевистые стали, все они характеризуются значительным количеством легирующих элементов, которые определяют их высокую стоимость.

- различные теплофизические свойства наплавки и основного металла делают закалку невозможной для сплавов на никелевой основе. К примеру, значительной усадке подвержены самофлюсующие сплавы типа ПГ-СРЗ. При наплавке на стальную подложку они склонны к образованию трещин.

- значительные энергозатраты снижающие экономическую эффективность операций.

- необходимость высокой квалификации для проведения термической обработки. Выбор оптимального режима термической обработки сложен и требует учет изменения ряда свойств наплавленного и основного металла. С повышением легированности и прочности стали, этот выбор становится все более трудным, требуется, как правило, повышать температуру термической обработки, чтобы привести их к допустимому уровню.

Разработка технологии термической обработки и составов наплавочных сплавов для восстановления деталей машин работающих в условиях абразивного изнашивания является перспективным направлением в ремонтно-восстановительном производстве. Полноценная термическая обработка значительно расширяет функциональные возможности материалов.

Концептуально решение задачи по разработке термообрабатываемого наплавочного сплава должно основываться на следующих принципах:

- выбор режима термической обработки должен обеспечивать как мини-

мум сохранение прочностных свойств основного металла. Как правило, в качестве основного металла, применяются углеродистые конструкционные стали. Для таких сталей целесообразно проведение нормализации или закалки с отпуском. Применяется также изотермическая закалка и закалка с самоотпуском. Основное влияние на свойства закаленной стали оказывает температура отпуска. Как известно, лучшее сочетание свойств обеспечивает закалка с высоким отпуском, в тоже время возможно проведение среднетемпературного отпуска обеспечивающего более высокий предел упругости. Выбор вида термической обработки в основном определяется условиями работы и как следствие прочностными показателями детали, а также химическим составом основного и наплавленного металла;

- состав наплавочного сплава должен быть экономно-легированным, чтобы обеспечить не общепринятое упрочнение избыточными фазами (карбиды, нитриды, бориды) литого металла, а увеличение абразивной износостойкости за счет мартенситных структур. Существенное значение для протекания вторичной кристаллизации имеют условия охлаждения. Наиболее активно снижению критической скорости охлаждения способствуют карбидообразующие элементы - Cr, Ti и др. Причиной является уменьшение скорости диффузии углерода. Влияние этих легирующих элементов проявляется и в смещении критических точек. Так температура критических точек A_{c1} , A_{r1} при увеличении содержания хрома повышается. При 3% хрома температура точки A_{c1} стали с 0,4...0,5%С увеличивается с 750 до 780°C;

- количество и длительность операций термической обработки должно быть минимальным. Например, назначение нормализации как вида термической обработки экономически более обосновано, трудоемкость и затраты электроэнергии для ее проведения значительно меньше, тем более если происходит закаливание на воздухе наплавленного слоя. Для хромистых сталей закалка возможна при содержании хрома более 3%.

Необходимо отметить, что для конструкционных легированных сталей образование закалочной структуры мартенсита или нижнего бейнита, может привести к растрескиванию и значительному короблению детали. Легированная сталь имеет меньшую теплопроводность, чем углеродистая, поэтому требует замедленного нагрева и охлаждения, во избежание коробления и трещин. Ограничением также является склонность ряда сталей к проявлению отпускной хрупкости.

Особо следует отметить функциональное назначение легирующих элементов, которое не ограничивается в традиционном обеспечении высокой износостойкости за счет первичного образования твердых фаз, а дополняется влиянием легирующих элементов на кинетику распада аустенита (изменение критической скорости закалки, температуры критических точек). При небольшом содержании легирующих элементов, они кроме кобальта снижают критическую скорость охлаждения, т.е. увеличивают прокаливаемость. Количество леги-

рующих элементов в таком сплаве, очевидно, значительно меньше.

Характерным примером термообрабатываемой наплавки является технология наплавки с одновременным охлаждением наплавляемого валика потоком жидкости, такой подход дает возможность использования доступных сварочных проволок Св08Г2С, Нп-18ХГСА, невысоким содержанием легирующих элементов и регулировка твердости в широких пределах [2].

Предложенная концепция реализована в разработке наплавочного сплава для деталей ходовой части гусеничных тракторов. Основным фактором, определяющим ресурс работы деталей ходовой части гусеничных тракторов является абразивный износ. Наиболее тяжело нагруженной деталью гусеницы с закрытым шарнирным соединением тракторов (Т-130, Т-170 и др.) является звено. Основной износ детали, представляющей собой сложную пространственную конструкцию, арочного типа, происходит по поверхности контактирующей с опорным катком. Способ восстановления поверхности - электродуговая наплавка. Вид термической обработки ограничивается закалкой и отпуском.

Выбор режима отпуска основан на графической оптимизации механических свойств основного металла, что дает возможность определить исходные данные для механических свойств (твердость) наплавленного металла (рис. 1).

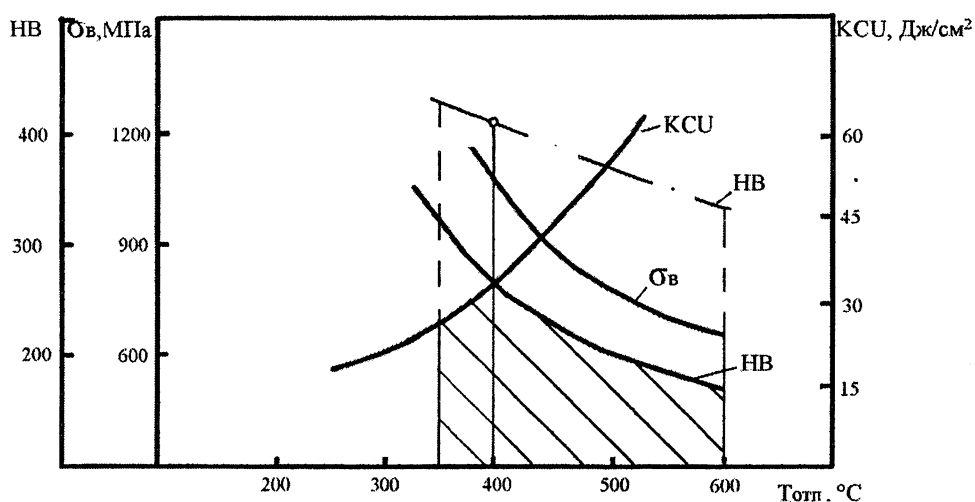


Рисунок 1 – Влияние режима отпуска на механические свойства основного (сплошная линия) и наплавленного (штрих пунктирная) металла. Закалка 810...830 °С, масло [3]

Граничными условиями в выборе режима термической обработки являются:

- минимально допустимая твердость рабочей поверхности наплавленного слоя 45...50 HRC₃;
- минимально допустимая ударная вязкость основного металла (KCU) не менее 20 Дж/см², предел прочности (σ_b) не менее 600 МПа.

В результате обобщения справочных данных и приведенных граничных

условий была определена термическая обработка: закалка с 810...830°С, последующий отпуск при температуре 380...420°С, выдержка 1,5...2 часа.

В анализируемом случае для получения требуемой твердости при проведении закалки и среднего отпуска, с учетом технико-экономических и технологических требований рациональным является использование в качестве наплавочного сплава состава: 0,7...0,8%С, 2,5...3%Сг. Твердость наплавленного слоя после проведения закалки и среднего отпуска составляет 45 HRC₃ (рис. 1). Механические характеристики основного металла не менее исходных, соответствующих состоянию металла до восстановления, предел прочности (σ_b) 1100 МПа. Надежность работы такой детали во многом определяется сопротивлением материала распространению трещины, т.е. вязкостью разрушения. Значения ударной вязкости (КСУ) в результате выбранной термической обработки - 32 Дж/см².

Введение такого количества хрома -2,5...3%, целесообразно проводить с помощью химико-термической обработки. Исходным материалом служит проволока углеродистых сталей - Сталь 70 ГОСТ 9389-75. Легирование хромом снижает склонность аустенитного зерна к росту при нагреве, способствует существенному увеличению прокаливаемости, а также замедлению процесса распада мартенсита (рис. 2). Хром наиболее доступный карбидообразующий элемент, имеющий низкую стоимость. Как правило, при содержании хрома менее 7% образуются карбиды цементитного типа, легированные хромом. В наплавленном металле он может образовывать следующие карбиды: Cr₂C₃, Cr₇C₃, Cr₂₃C₆ [4].

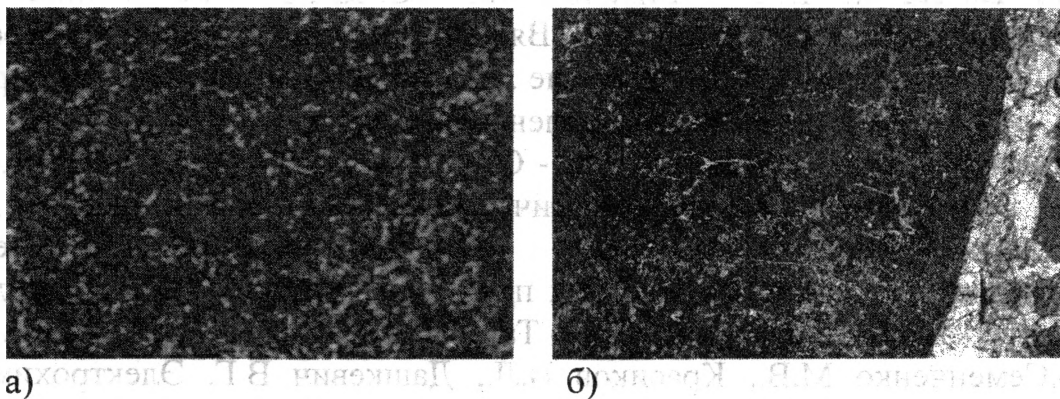


Рисунок 2 - Микроструктуры слоев полученных наплавкой стальной проволокой Сталь 70 диффузионно-легированной хромом, 2,5...3% об., x250:
а) после закалки; б) после отжига

Структура термообработанных наплавки представляет собой троостосорбит отпуска и выделившиеся из твердого раствора мелкодисперсные карбиды. Основной металл имеет более вязкую сорбитную структуру. Как показывают опытные данные фазового анализа, в наплавке присутствуют карбиды типа

Cr_2C_3 , Fe_2C (рис. 2 б). Высокая микротвердость карбидов и дисперсность троостита обуславливают существенное повышение твердости. Дисперсионное упрочнение не так значительно из-за количества и размера упрочняющих фаз, но закономерным является повышение износостойкости анализируемых наплавов. Износостойкость наплавленных слоев из диффузионно-легированной хромом (2,5..3%) проволоки Сталь 70 при проведении соответствующей термообработки, определенная по методу Шкоды-Савина в 2,4 раза выше износостойкости наплавленного слоя проволокой без диффузионного легирования.

Таким образом, разработка специальных сплавов для восстановления и упрочнения, совершенствование технологии путем термической обработки наплавленных поверхностей, имеет большую перспективу благодаря использованию наплавочных сплавов с низким содержанием легирующих элементов, возможностью управления структурой как наплавленного, так и основного металла термической обработкой [5,6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Восстановление деталей машин. Справочник / Ф. И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; Под ред. В.П. Иванова.-М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. В.В. Хроленок, Е.Н. Беляева, А.С. Никитина. Восстановление деталей машин дуговой наплавкой плавящимся электродом в среде углекислого газа с одновременным охлаждением наплавленного валика потоком жидкости// Республ. межвед. сборник научн. трудов: Сварка и родственные технологии. Выпуск 4. - Мн.: БелМАПО, 2001. – С. 83-88.
3. Марочник сталей/ В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. Башлакова Т.Н. Влияние легирования на образование карбидной фазы, структуру и свойства наплавленного металла системы Fe – C – Cr// Автоматическая сварка. - 1998. - № 12. - С. 14-15.
5. В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, В.В. Кениг. Техничко-экономические аспекты восстановления диффузионно-легированными сплавами деталей гусеничной техники// Математические модели физических процессов: материалы 10-й международной конференции. – Таганрог: изд-во Тагарог. гос. пед. ин-та, 2004.- С. 101-109.
6. Семенченко М.В., Красиков В.Л., Дашкевич В.Г. Электрохимико-термическая обработка проволок для напыления и наплавки // Вестник ПГУ, серия В. – Новополюцк : ПГУ, 2004. - С.12-17.