

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА СОДЕРЖАЩЕГО МЕТАСТАБИЛЬНЫЙ АУСТЕНИТ

Проблема ресурсосбережения в условиях постоянного роста цен на сырье является актуальной. Электродуговая наплавка является одним из самых эффективных и экономически обоснованных видов ремонта и повышения эксплуатационных качеств деталей машин и конструкций. Используемые наплавочные материалы зачастую имеют в своем составе дорогостоящие легирующие элементы, поэтому снижение затрат на восстановление изделий является важным направлением для работы.

Одним из направлений решения поставленной задачи является использование наплавочных материалов позволяющих получить в наплавленном слое метастабильный аустенит, способный к самоупрочнению за счет реализации динамического мартенситного превращения. Также повысить качества наплавленного металла можно за счет применения последующей термической обработки [1, 2].

Структуру и свойства наплавленного металла можно эффективно изменять с помощью термической обработки. Проведенные ранее исследования по выбору оптимального температурного режима термообработки были использованы для разработанных наплавочных материалов [3, 4, 5].

Были проведены работы по наплавке разработанными порошковыми проволоками, исследования влияния отпуска на износостойкость наплавленного металла. Состав наплавленного металла экспериментальными проволоками соответствует маркам наплавленного металла и его химическому составу, приведенному в табл. 1. Низкотемпературный отпуск обычно используется с целью уменьшения термических и структурных напряжений в наплавленном металле полученном в процессе наплавки.

Таблица 1

Результаты химического анализа наплавленного Fe-Cr-Mn-Ni-N металла

Образцы наплавленного металла	Содержание элементов, %								
	C	Cr	Si	Mn	Ni	Ti	Al	V	N
X20H10Г6	0,05	19,49	0,75	5,79	8,55	0,04	0,15	0,02	-
10X19H4Г10	0,11	18,29	0,74	9,70	3,81	0,04	0,17	0,02	-
10X19H3Г10АТ	0,11	18,91	0,74	10,06	3,09	0,04	0,17	0,02	0,075
10X19H3Г10АТ	0,11	18,95	0,75	9,87	3,11	0,04	0,19	0,02	0,15

Примечание: содержание серы 0,03%; фосфора 0,03%.

Отпуск производился непосредственно после наплавки разработанными порошковыми проволоками. Наплавленный металл после наплавки имеет преимущественно аустенитную структуру в поверхностном слое.

Отпуск производился при температурах от 200 до 650°C с выдержкой в течение 1 часа и последующем охлаждении на открытом воздухе. Отпуск в температурном диапазоне от 400 до 650°C приводит к выделению карбидов по границам зерен и в их объеме. Структура наплавленного металла в поверхностном слое преимущественно остается без изменений и соответствует аустенитной. Замеры твердости в поверхностном слое наплавленного металла проводились на твердомере по Роквеллу, результаты представлены на рис. 1.

Твердость верхнего наплавленного слоя при температуре отпуска, равной 650°C, составляет HRC 27...35, что соответствует аустенитно-мартенситной

структуре с большим количеством аустенита. С ростом глубины наплавки возрастает твердость HRC 45...50, что соответствует мартенситной структуре.

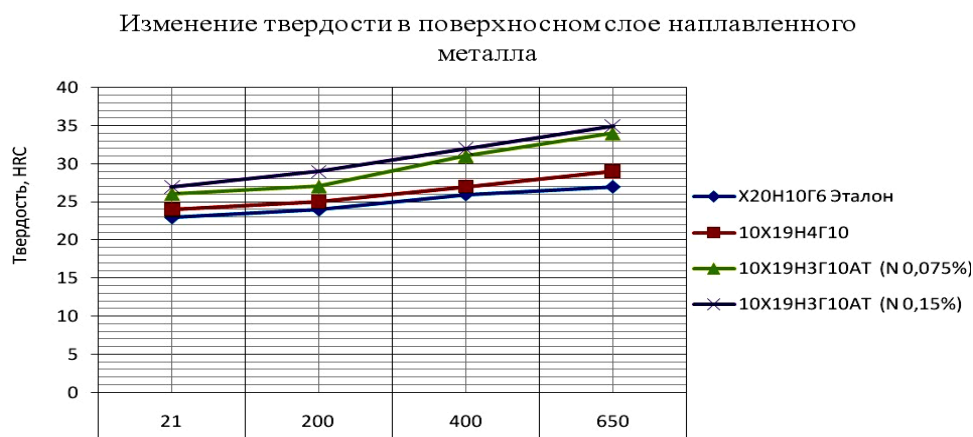


Рис. 1. Изменения твердости поверхностного слоя наплавленного металла испытываемыми порошковыми проволоками

С повышением температуры отпуска в исследуемом интервале увеличивается количество карбидов в наплавленном металле, что в свою очередь приводит к обеднению аустенита углеродом и легирующими элементами, содержащимися в наплавленном металле. Данные факторы способствуют уменьшению стабильности аустенита в поверхностном слое и большему выделению карбидов. Повышенная дестабилизация аустенита способствует более интенсивному динамическому мартенситному превращению в процессе нагружения и самоупрочнению.

Наплавленный металл испытываемыми порошковыми проволоками был подвержен испытаниям на холодно-пластическую деформацию с целью определения склонности к самоупрочнению под воздействием деформационной нагрузки с помощью металлического шарика. Затем в полученном отпечатке замерялась твердость по Бринеллю. Результаты замеров представлены на рис. 2.



Рис. 2. Результаты изменения твердости многослойной наплавки испытываемыми порошковыми проволоками до и после ХПД (холодно-пластической деформации)

В результате испытаний образцов наплавленного металла на холодно-пластическую деформацию твердость наплавленного металла значительно возрастает, что свидетельствует о самоупрочнении за счет динамического мартенситного превращения в поверхностном слое металла. Наплавленный металл, не подверженный низкотемпературному отпуску, имеет более низкие показатели самоупрочнения. Более высокая температура отпуска приводит к большей степени дестабилизации аустенита и более интенсивному повышению твердости при нагрузке. Низкотемпературный отпуск при 650°C приводит к повышению износостойкости наплавленного металла при различных видах износа.

Для определения механических свойств наплавленного металла разработанными порошковыми проволоками, были проведены испытания на абразивный (ϵ_a), ударно-абразивный (ϵ_{y-a}) износ и износ при сухом трении (ϵ). Прирост количества мартенсита деформации при комплексных испытаниях наплавленного металла после низкотемпературного отпуска на износостойкость приведена в табл. 2, в качестве эталона взят наплавленный металл порошковой проволокой ПП-Нп-Х20Н10Г6.

Таблица 2

Влияние низкотемпературного отпуска на прирост мартенсита деформации при комплексных испытаниях на износостойкость в наплавленном металле разработанными порошковыми проволоками

Марка НМ	Сухое трение, $\Delta M, \%$				Абразивный, $\Delta M_a, \%$				Ударно-абразивный, $\Delta M_{y-a}, \%$			
	-	200° С	400° С	650° С	-	200° С	400° С	650° С	-	200° С	400° С	650° С
Х20Н10Г6 (Эталон)	0	1	3	5	4	5	7	8	7	8	10	11
10Х19Н4Г10	9	10	12	15	13	14	17	19	17	15	20	23
10Х19Н3Г10 АТ (N 0,075%)	12	13	17	21	17	19	22	25	21	19	24	27
10Х19Н3Г10 АТ (N 0,15%)	14	15	20	25	19	20	25	30	28	23	31	40

Проведенные комплексные испытания на износостойкость наплавленного металла разработанными порошковыми проволоками показали, что низкотемпературный отпуск в интервале от 200...400°C приводит к минимальному изменению износостойкости в условиях абразивного и ударно-абразивного износа, увеличение температуры отпуска до 650°C приводит к значительному росту показателей износостойкости. Наиболее высокие показатели износостойкости продемонстрировал наплавленный металл 10Х19Н3Г10АТ (N 0,15%) в сравнении с эталоном Х20Н10Г6. В условиях сухого трения наплавленный металл разработанной порошковой проволокой 10Х19Н3Г10АТ (N 0,15%) в условиях низкотемпературного отпуска при 650°C превосходит эталон в 2,65 раза.

При абразивном и ударно-абразивном износе прослеживается схожая закономерность, износостойкость наплавленного металла новой порошковой проволокой выше эталона в 2,38 раза при абразивном и в 2,6 раза при ударно-абразивном износах в случае отпуска, равном 650°C (рис. 3).

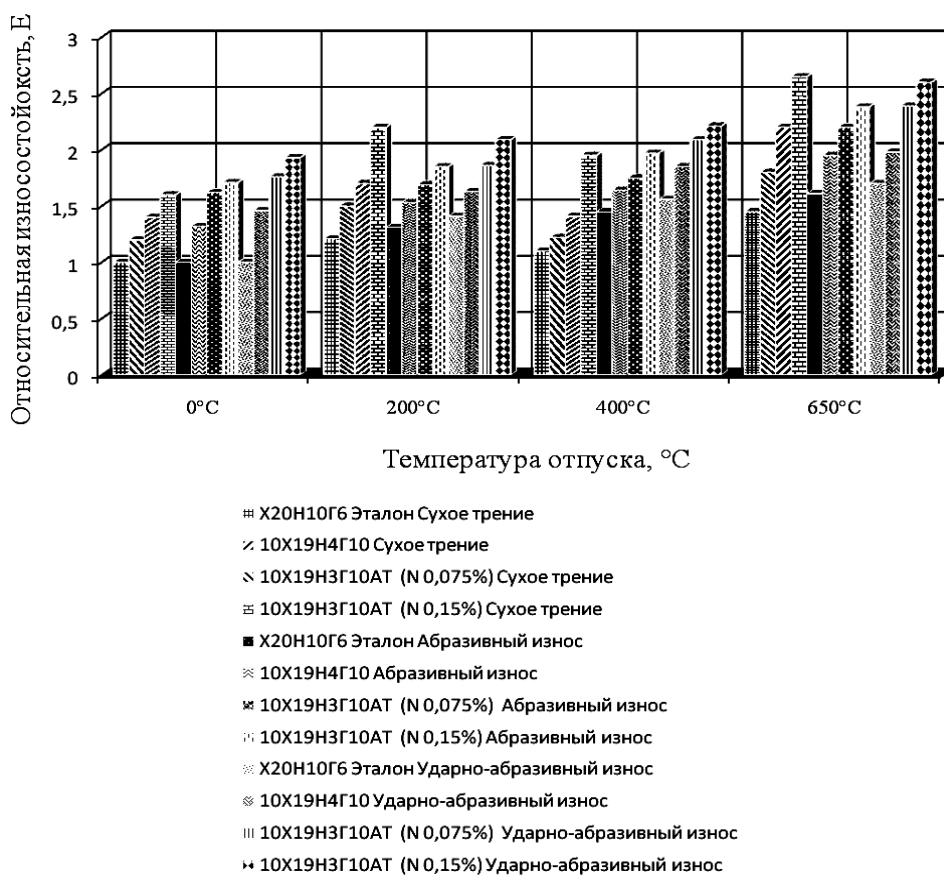


Рис. 3. Относительная износостойкость наплавленного металла испытываемыми порошковыми проволоками при различных видах изнашивания до и после отпуска при разных температурах.

Такое значительное повышение износостойкости можно объяснить дисперсным упрочнением вследствие выделения карбидов, а также дестабилизации аустенита и последующего более интенсивного динамического мартенситного превращения в поверхностных слоях. Основной особенностью разработанного материала является самоупрочнение поверхностного слоя наплавленного металла за счет энергии разрушения, большая часть которой расходуется на динамическое мартенситное превращение, тем самым меньшая ее часть остается на разрушение поверхности.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрена технология термической обработки поверхностного слоя наплавленного металла, содержащего метастабильный аустенит, позволяющая регулировать эксплуатационные качества наплавленного металла в соответствии с требуемыми условиями износа.
2. Наибольшие комплексные показатели износостойкости получены при низкотемпературном отпуске при 650°C; это обусловлено активацией оптимального динамического мартенситного превращения за счет выделения карбидов и нитридов.

Перечень ссылок

1. *Чейлях А.П.* Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии / *А.П. Чейлях.* – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2003. – 212с.
2. *Филипов М.А.* Износостойкость наплавочного сплава с метастабильным аустенитом / *М.А. Филипов, Б.А. Кулишенко, Е.В. Вальков* // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2005. - №1. – С. 9-11.
3. *Чейлях А.П.* Использование термоциклической обработки для регулирования метастабильности аустенита и повышения свойств сталей и чугунов / *А.П. Чейлях* // *Вестник Приазовского государственного технического университета: сб. науч. тр.* – Мариуполь, 2000. – Вып. 10. – С. 88-93.
4. *Малинов Л.С.* Получение высокой прочности и пластичности в хромомарганцевых сталях с нестабильным аустенитом за счет обработок, оптимизирующих интенсивность мартенситного превращения при нагружении / *Л.С. Малинов, В.И. Коноп, К.Н. Соколов* // *Тез. докл. Всесоюз. научн.-техн. конф. «Новые стали и сплавы в машиностроении».* – Ижевск. 1975. – С 31-34.
5. *Малинов Л.С.* Влияние отпуска на структуру и механические свойства сталей переходного класса на Fe-Cr-Mn основе / *Л.С. Малинов, А.П. Чейлях* // *Материалы семинара «Надежность и прочность сварных соединений и конструкций».* – Ленинград. 1980. – С. 82-85.

Рецензент: д.т.н., проф. Щетинина В.И.

Статья поступила 02.02.2015г.