

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 621.791.92.042-418

Малинов В.Л.¹

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ НАПЛАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И УПРОЧНЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ДИНАМИЧЕСКОЕ ДЕФОРМАЦИОННОЕ МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ

В работе обобщены данные по разработке инновационных ресурсосберегающих наплавочных материалов, а также упрочняющих технологий, обеспечивающих повышение износостойкости за счет получения в структуре наплавленного металла метастабильного аустенита и реализации динамического деформационного мартенситного превращения (эффект самозакалки при нагружении). Показана эффективность сочетания электродуговой наплавки с последующей термической, химико-термической и деформационно-термической обработками.

Ключевые слова: наплавленный металл, мартенсит, аустенит, самозакалка.

Малинов В. Л. Ресурсозберігаючі інноваційні наплавлювальні матеріали і зміцнюючі технології, що забезпечують динамічне деформаційне мартенситне перетворення. У роботі узагальнені дані по розробці інноваційних економічних наплавлювальних матеріалів, а також зміцнюючих технологій, що забезпечують підвищення зносостійкості за рахунок отримання у структурі наплавленого металу метастабільного аустеніту і реалізації ефекту самозагартування. Показана ефективність поєднання електродугового наплавлення економічними матеріалами з подальшою термічною, хіміко-термічною і деформаційно-термічною обробками.

Ключові слова: наплавлений метал, мартенсит, аустеніт, самозагартування.

V.L. Malinov. Resources-economy innovative surfacing materials and strengthening technologies providing dynamic deformation martensite transformation. In the work data of development innovative economical surfacing materials and also strengthening technologies which providing the increase of wear resistance due to receipting in the structure of deposited metal metastable austenite and realization effect of self-hardening are generalize. Efficiency combination of electroarc cladding with subsequent heat, chemicothermal and deformation-thermal treatments is show.

Keywords: deposited metal, martensite, austenite, self-hardening.

Постановка проблемы. Ресурсосбережение является одной из главных задач, решаемых на предприятиях. Это обусловлено постоянно растущими ценами на железорудное сырье, другие материалы и, как следствие, на металл. Электродуговая наплавка является одним из наиболее широко применяемых в промышленности способов восстановления деталей и инструментов. Современные наплавочные материалы зачастую не обеспечивают долговечности, а также в ряде случаев содержат в своем составе большое количество дорогих легирующих элементов (никеля, молибдена, вольфрама и др.). В результате ремонт оборудования требует больших затрат и их снижение является актуальной проблемой.

Перспективным направлением решения этой задачи является создание на Fe-Mn-C и Fe-Cr-Mn-C основах экономичных наплавочных материалов различных структурных классов (мартенситного, мартенситно-аустенитного, аустенитного), а также повышение свойств наплавленного металла применением термической, химико-термической и деформационно-термической обработок. При этом эффект достигается за счет получения в сплавах наряду с другими состав-

¹ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

ляющими метастабильного аустенита, превращающегося в мартенсит при охлаждении на воздухе и/или нагружении в процессе эксплуатации (эффект самозакалки).

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [1,2] обобщены данные по применению в промышленности наплавочных материалов, обеспечивающих получение в наплавленном металле метастабильного аустенита. Подчеркнуто, что их разработке в настоящее время уделяется мало внимания. Известные наплавочные материалы недостаточно технологичны при наплавке. Наплавленный ими металл трудно обрабатывается резанием, а в ряде случаев содержит дорогие легирующие элементы. Между тем, принцип, лежащий в основе их создания, исключительно полезен и перспективен, поскольку мартенситные превращения являются не только механизмом упрочнения, но и, что особенно важно, релаксации напряжений. На развитие мартенситных превращений расходуется значительная часть энергии внешнего воздействия и, соответственно, ее меньшая доля идет на разрушение. При этом важно управлять структурой и развитием мартенситных превращений, оптимизируя их применительно к конкретным условиям. Это позволяет существенно повысить долговечность деталей машин и инструмента

Реализация принципа получения в структуре метастабильного аустенита и эффекта самозакалки позволяет создавать наплавочные материалы, обеспечивающие получение в наплавленном металле различных структурных классов и назначения, не содержащего дорогих легирующих элементов или имеющего их в значительно меньших количествах, чем применяемые. При этом может быть достигнута хорошая технологичность (прокаливаемость, обрабатываемость резанием, свариваемость, малая склонность к образованию трещин и короблению, повышенное сопротивление разупрочнению при нагреве и др.), а также высокие эксплуатационные свойства [1].

Цель статьи. Показать новые возможности в создании ресурсосберегающих инновационных материалов, позволяющих получить в наплавленном металле различных структурных классов многофазную структуру, в которой наряду с бейнитом, мартенситом, карбидами присутствует метастабильный аустенит, претерпевающий динамическое деформационное мартенситное превращение, которое играет важную роль в повышении свойств наплавленного металла, кроме того, подчеркнуть важную роль упрочняющих технологий.

Изложение основного материала. Разработаны новые экономнолегированные наплавочные материалы, позволяющие получить наплавленный металл на Fe-Mn-C и Fe-Cr-Mn-C основах различных структурных классов (рис. 1), а не только аустенитного или аустенитно-карбидного как в настоящее время.

При разработке наплавочных материалов предложено использовать в качестве основных легирующих элементов марганец, хром, кремний, титан, алюминий и ряд других, имеющих сравнительно невысокую стоимость. При этом обязательным условием, как уже отмечалось, является получение в наплавленном металле того или иного количества метастабильного аустенита и реализация динамического деформационного мартенситного превращения при эксплуатации, а также других структурных и фазовых превращений, что обеспечивает адаптацию рассматриваемых материалов к эксплуатационным нагрузкам.

Представляет интерес группа новых экономичных наплавочных материалов, обеспечивающих получение в наплавленном металле бейнитно-аустенитной структуры. Такой наплавленный металл имеет более высокую (на 30-50 %) износостойкость, чем получаемый при наплавке широко применяемыми проволоками Нп-30ХГСА и ПП-Нп-18Х1Г1М, содержащей дорогой молибден. Это обусловлено присутствием в структуре наряду с бейнитом и карбидами метастабильного остаточного аустенита.

Наплавочные материалы этого типа наряду с малым содержанием углерода имеют в своем составе хром, марганец, кремний в количествах, обеспечивающих повышенную устойчивость аустенита к распаду в перлитной области и малую устойчивость в бейнитной области. Режимы наплавки и охлаждения наплавленного металла выбираются с таким расчетом, чтобы применительно к условиям нагружения регулировать количество и стабильность аустенита в структуре. Наплавка разработанными порошковыми электродами по применяемой в производственной практике технологии для проволок Нп-30ХГСА и ПП-Нп-18Х1Г1М не вызывает каких либо трудностей. Эффективной термообработкой наплавленного металла является нормализация с нагревом в межкритический интервал температур (МКИТ), температурно-временной режим в котором также позволяет регулировать количество и стабильность аустенита в структуре.



Рис. 1 - Структурные классы наплавленного металла, получаемого при использовании новых наплавочных материалов

Перспективна розробка економнолегированих технологичних наплавочних матеріалів на Fe-Mn-C і Fe-Cr-Mn-C основах, що дозволяють отримати в наплавленому металі багатофазні структури з метастабільним аустенітом. Вони можуть бути додатково легировані в невеликих кількостях Ti, Nb, V для отримання мелкозернистої структури і підвищення зносостійкості за рахунок утворення карбідів високої твердості.

Представляє інтерес вивчення впливу на властивості наплавленого металу отпусків, широко застосовуваних в промисловій практиці для зменшення внутрішніх напружень після наплавки.

Вивчали вплив отпусків при температурах 450, 550, 650 і 750 °C на властивості наплавленого металу на Fe-Cr-Mn-C основі. Встановлено, що в досліджуваному діапазоні вмісту вуглецю, хрому і марганцю вплив отпусків на властивості наплавленого металу визначається співвідношенням фаз в його вихідній структурі. Проводились діаметричні дослідження і випробування відносної зносостійкості в умовах сухого тертя (ϵ) за схемою «кладка-ролик». За еталон порівняння прийнято метал, наплавлений дротом Св-12Х13 без термообробки.

Спостерігається наступна закономірність зміни властивостей наплавленого металу, який переважно має мартенситну структуру (рис. 2). Найвища твердість і зносостійкість спостерігаються при температурі отпусків 450 °C, що пояснюється дисперсійним твердженням і дестабілізацією залишкового аустеніту. З підвищенням температури отпусків від 450 до 650 °C твердість і зносостійкість наплавленого металу зменшуються внаслідок розм'якшення мартенситу в структурі наплавленого металу.

При подальшому збільшенні температури отпусків до 750 °C знову спостерігається підвищення твердості і зносостійкості наплавленого металу до рівня їх значень, характерних для наплавки без термообробки. Це пояснюється нагрівом і витримкою в міжкритичному інтервалі температур МКІТ ($A_{c1} < t < A_{c3}$), що призводить до перерозподілу вуглецю і марганцю між α - і γ -фазами і збагаченню цими елементами останньої [1]. При наступному охолодженні з збагаченої γ -фази знову відбувається утворення мартенситу, але з більш високим вмістом вуглецю і легуючих елементів. Тому, незважаючи на процес розм'якшення вихідного мартенситу, не перетворившись в аустеніт при нагріві в МКІТ, рівень властивостей наплавленого металу в цілому підвищується. Зазвичай визначення отпусків після наплавки в промисловій практиці обумовлено необхідністю зменшення внутрішніх напружень в наплавлених деталях.

При цьому, чим вище температура отпусків, тим нижче рівень залишкових напружень. В зв'язі з цим слід зазначити, що зносостійкість після отпусків при 750°C перевищує рівень, досягаємого при отпускі 600-650°C, який зазвичай застосовується в промисловій практиці.

Перспективними є економнолегировані хромо-марганцеві наплавочні

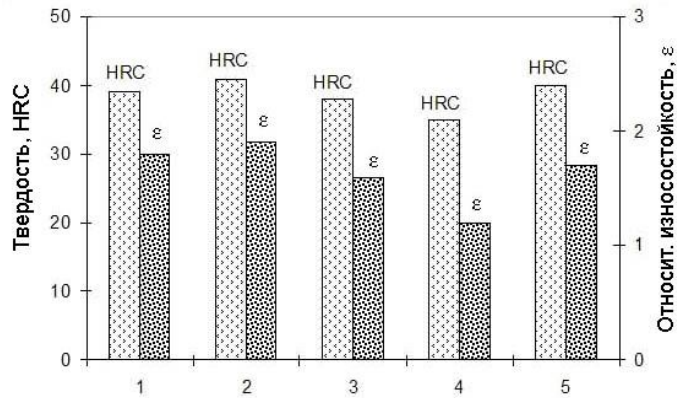


Рис. 2 - Влияние температуры отпуска на твердость (HRC) и относительную износостойкость в условиях сухого трения (ε) и на Fe-Cr-Mn-C основе наплавленного металла мартенситной структуры: 1 – после наплавки без ТО; 2 – отпуск 450 °С; 3 – отпуск 550 °С; 4 – отпуск 650 °С; 5 – отпуск 750 °С

И.Н. Богачева и Р.И. Минца в середине 50-х годов прошлого века и реализована ими для создания кавитационноустойчивых сталей [3].

Первые наплавочные материалы этого типа были созданы под руководством М.И. Разикова. К ним относятся электроды УПИ 30X10Г10 и порошковая проволока ПП-20X10Г10Т [4]. Их широкому применению препятствуют технологические особенности наплавки и трудная обрабатываемость резанием наплавленного металла. В связи с этим разработана новая порошковая проволока на Fe-Cr-Mn-C основе [5], в значительной степени лишённая указанных недостатков. Соотношение элементов С, Cr, Mn выбрано так, что непосредственно после наплавки в структуре наплавленного металла получают аустенит повышенной стабильности по отношению к $\gamma \rightarrow \alpha''$ превращению при деформации по сравнению с той, которая достигается применением известных наплавочных материалов данного типа. За счет этого существенно упрощена технология наплавки и улучшена обрабатываемость резанием, что должно обеспечить широкое применение разработанной порошковой проволоки. Необходимая интенсивность протекания деформационного мартенситного превращения при эксплуатации достигается термообработкой, проводимой после наплавки для снятия внутренних напряжений (нагрев и выдержка при 600-620 °С).

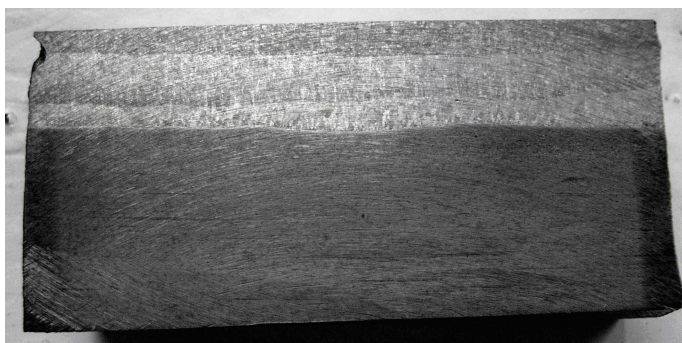


Рис.3 - Макроструктура наплавленного и основного металла при использовании новой порошковой проволоки

материалы, обеспечивающие получение в наплавленном металле мартенситно - аустенитной структуры.

По разгару -, коррозионной и износостойкости они не уступают хромоникелевым аналогам. Получение в наплавленном металле метастабильного аустенита наряду с мартенситом повышает сопротивление образованию трещин при наплавке, а также износостойкость.

Наиболее существенный экономический эффект может быть получен за счет замены хромоникелевых и хромо-марганцево-никелевых аустенитных наплавочных материалов хромомарганцевыми, обеспечивающими получение в наплавленном металле метастабильного аустенита, превращающегося при эксплуатации в мартенсит.

Впервые идея создания таких материалов была высказана в работах

И.Н. Богачева и Р.И. Минца в середине 50-х годов прошлого века и реализована ими для создания кавитационноустойчивых сталей [3].

Оптимальным режимом наплавки при диаметре проволоки $\varnothing 3,6$ мм является следующий: $I=350-400$ А, $U = 35-40$ В, $V = 40-45$ м/час. Используются флюсы АН-26 и «РЕКОРД SK EN-760». При этом обеспечивается хорошее формирование и соединение слоев наплавленного металла между собой, а также с основным металлом. Отсутствуют непровар, шлаковые включения и трещины (рис. 3). Отделимость шлаковой корки хорошая. Микротрещины в наплавленном металле отсутствуют. Вблизи линии сплавления с основным металлом (сталь 65Г) обнаруживается

структура аустенита с трооститной сеткой. Основной металл вблизи линии сплавления имеет трооститную структуру (рис. 4, а).

Измерения твердости по сечению показали, что она вблизи поверхности наплавленного металла составляет HB 217-220, в средней части HB 230-240, а у переходной зоны возрастает до HB 280-300. Это следствие перераспределения C, Cr, Mn в зоне сплавления с основным металлом.

По данным лабораторных испытаний износостойкость металла, наплавленного разработанной порошковой проволокой, при трении скольжения по схеме колодка-ролик и абразивном воздействии практически не отличается от таковой при использовании проволоки Нп-30Х10Г10Т и значительно превышает её при наплавке проволоками ПП-Нп-18Х1Г1М, Св-12Х13 и Св-06Х18Н9Т (табл.). Применение разработанной Fe-Cr-Mn-C порошковой проволоки обеспечивает получение структуры метастабильного сильно упрочняющегося при наклёпе аустенита. Степень его упрочнения такая же, как и при использовании проволоки Нп-30Х10Г10Т, но максимальная твёрдость достигается за время в 1,5-2,0 раза большее, чем в предыдущем случае. Последнее обусловлено меньшей интенсивностью деформационного мартенситного превращения в случае применения новой проволоки. Следствием этого является возможность более длительного протекания процесса релаксации напряжений наряду с упрочнением, что затрудняет образование и развитие трещин [6]. После нагрева и выдержки при ~600 °С, применяемых после наплавки для снятия внутренних напряжений, в аустените обнаруживается множество дисперсных карбидов, которые также способствуют повышению износостойкости (рис. 4, б). Согласно данным рентгеновского анализа, количество мартенсита деформации на изнашиваемой поверхности после нагрева и выдержки наплавленного металла в 1,5-2 раза больше, чем непосредственно после наплавки, и составляет 30-35 %, что свидетельствует о дестабилизации аустенита по отношению к динамическому деформационному превращению после него.

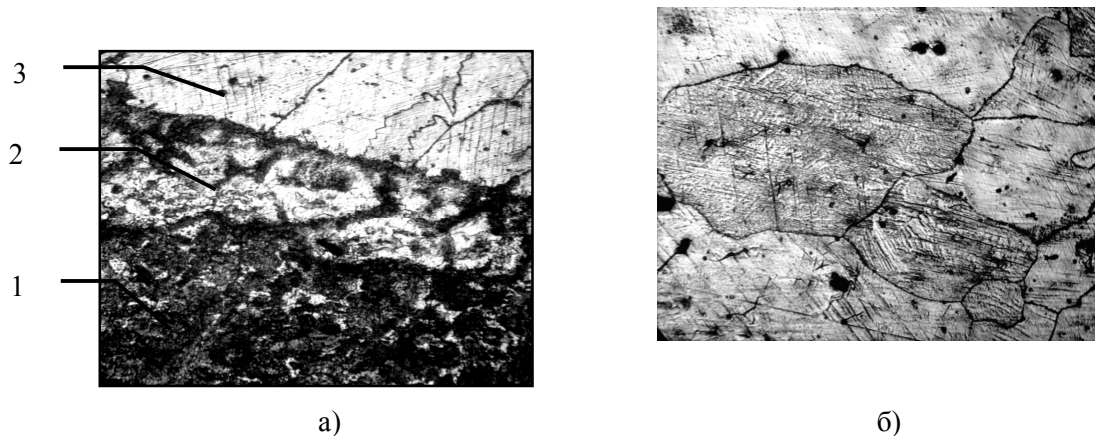


Рис. 4 - Микроструктура металла, наплавленного проволокой разработанной хромомарганцевой порошковой проволокой, $\times 500$: а – структура основного металла и переходного слоя (1 – основной металл – троостит; 2 - переходный слой - аустенит с трооститной сеткой; 3 - наплавленный аустенитный слой); б – аустенитная структура, армированная карбидами, поверхностного слоя

Длительные промышленные испытания крановых колёс, наплавленных разработанной порошковой проволокой, обеспечивающей эффект самозакалки при эксплуатации, подтвердили результаты лабораторных исследований и показали увеличение долговечности этих деталей в 5 раз, по сравнению с колёсами, восстановленными применяемой в промышленности проволокой ПП-Нп-18Х1Г1М. Разработанный наплавочный материал должен иметь широкий спектр применения. Его можно использовать не только для восстановления крановых колёс, но и колёс железнодорожного подвижного состава предприятий, вагонеток, работающих в карьерах, различного рода роликов, цапф сталеразливочных ковшей, быстроизнашивающихся деталей, работающих в слабоагрессивных средах, например плунжеров гидропрессов, клапанов запорной арматуры и многих других деталей, восстанавливаемых в настоящее время существующими наплавочными материалами.

Экономическая эффективность в данном случае определяется существенным сокращением материальных, энергетических, трудовых затрат на восстановление быстроизнашивающихся деталей, а также уменьшением простоев оборудования.

Таблица

Относительная износостойкость металла, наплавленного ПП-Нп-18Х1Г1М (1), Св-12Х13 (2), Св-06Х18Н9Т (3) и разработанной хромомарганцевой порошковой проволокой(4)

№ пп.	Наплавочный материал	Режим термообработки	Относительная абразивная износостойкость	Относительная износостойкость в условиях сухого трения
1	ПП-Нп-18Х1Г1М	Наплавка + отжиг 550 °С (1 ч)	1,0	1,0
2	Св-12Х13	Наплавка + отжиг 550 °С (1 ч)	1,2	1,3
3	Св-06Х18Н9Т	Наплавка + отжиг 550 °С (1 ч)	0,6	0,7
4	Разработанная хромомарганцевая порошковая проволока	Наплавка + отжиг 600 °С (1 ч)	2,3	3,2

В ряде случаев твердость наплавленного металла со структурой метастабильного аустенита (≤ 280 НВ) недостаточна, так как возможно изменение размеров деталей из-за смятия. Обеспечить достаточную твердость поверхности можно, упрочнив детали способом поверхностной пластической деформацией (ППД), которая может осуществляться обкаткой роликом или обдувкой изделия стальной или чугунной дробью. При этом абразивная износостойкость металла, наплавленного хромомарганцевой аустенитной проволокой после холодной пластической деформации (~10-15 %) повышается в ~1,5 раза. Это является следствием увеличения плотности дислокаций в аустените и более интенсивного развития деформационного мартенситного превращения [1].

Для работы в условиях интенсивного абразивного и ударно-абразивного изнашивания обычно применяются наплавочные материалы, обеспечивающие получение в структуре наплавленного металла твердых фаз (мартенсита, карбидов, боридов и др.). Важную роль в повышении сопротивления наплавленного металла разрушению играет получение метастабильного аустенита. В литературе приводятся противоречивые данные относительно его оптимального содержания в структуре. Одной из причин этого является то, что в большинстве случаев используется лишь качественная оценка условий эксплуатации. И.В. Петровым [7] предложено для характеристики различных условий изнашивания использовать коэффициент динамичности (Кд), определяемый как отношение твердости образца из стали 110Г13Л после изнашивания в данных условиях к его исходной твердости. Эта сталь накапливает энергию внешнего воздействия, упрочняясь при этом, а уровень ее упрочнения позволяет судить об интегральной интенсивности ударно-абразивного воздействия. С учетом Кд проведено изучение абразивной и ударно-абразивной износостойкости наплавленного металла систем Fe-Cr-Mn-C и Fe-Cr-Mn-V-C с различными соотношениями упрочняющих фаз и метастабильного аустенита в структуре [8]. Установлено, что при малых коэффициентах динамичности ($K_d = 1,2-1,4$) наибольшая износостойкость достигается в наплавленном металле, структура которого является преимущественно мартенситно-карбидной, количество остаточного аустенита составляет 30-40 %. В данных условиях изнашивания легирование наплавленного металла ванадием в количестве до 3 % повышает износостойкость незначительно (на 10-15 %). При больших Кд (3,5) оптимальным является структура преимущественно аустенитная при суммарном количестве мартенсита и карбидов в структуре менее 30 %. В данных условиях ударно-абразивного воздействия легирование ванадием неэффективно.

Наплавка высокоуглеродистыми материалами требует подогрева, однако и это не всегда предотвращает образование трещин, являющихся очагами разрушения. Эффективным технологическим приемом, позволяющим избежать этого, является наплавка низкоуглеродистыми нелегированными и легированными сталями с их последующей цементацией и при необходимости термообработкой [9].

Это позволяет не только восстановить геометрические размеры изношенных деталей без образования трещин, но и значительно повысить их износостойкость.

Данная технология реализована применительно к наплавке проволоками Св-08ГА, Св-10Х13, а также наплавленному металлу на Fe-Mn-C и Fe-Cr-Mn-C основах. Наиболее высокая абразивная износостойкость обеспечивается в том случае, когда в структуре наряду с мартенситом и карбидами присутствует 40-50 % метастабильного аустенита. Аналогичный результат достигается и тогда, когда получена полностью структура метастабильного аустенита, армированного карбидами, интенсивно превращающегося при изнашивании в мартенсит (прирост мартенсита на изнашиваемой поверхности составляет 40-50 %). На рис. 5 показано влияние режимов термообработки, выполняемой после цементации, на абразивную износостойкость малоуглеродистого металла, наплавленного порошковой летной на основе Fe-Mn-C. В условиях интенсивного ударно-абразивного воздействия стабильность аустенита должна быть повышенной, а прирост мартенсита на изнашиваемой поверхности не должен превышать 15-20 %.

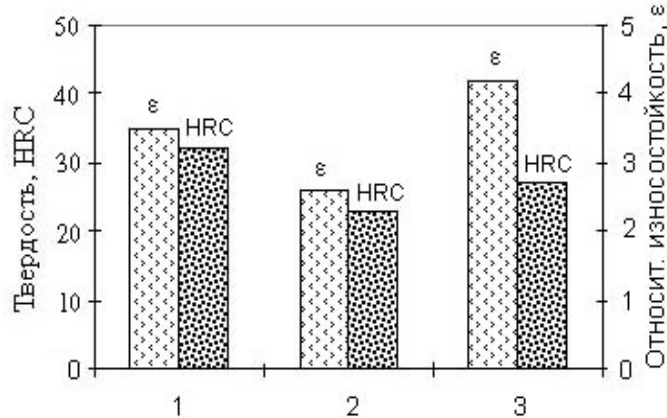


Рис. 5 – Влияние термической обработки, выполняемой после цементации (Ц), на твердость (HRC) и относительную износостойкость в условиях сухого трения (ε) металла, наплавленного порошковой летной на основе Fe-Mn-C : 1 – Ц без ТО; 2 – Ц, закалка от 1050 °С; 3 – Ц, закалка от 1050 °С, отпуск 600 °С

Выводы

1. Показана целесообразность широкого использования экономно легированных наплавочных материалов на основах Fe-Mn-C и Fe-Cr-Mn-C, обеспечивающих получение наплавленного металла различных структурных классов.
2. Перспективным направлением дальнейших исследований является повышение долговечности деталей за счет оптимизации структуры наплавленного металла применительно к конкретным условиям эксплуатации. При этом необходимо получать наряду с другими составляющими метастабильный аустенит, количеством, упрочнением и степенью стабильности которого необходимо управлять.
3. В ряде случаев эффективно сочетание наплавки с последующей обработкой (термической, химико-термической, деформационной).

Список использованных источников:

1. Малинов В.Л. Экономнолегированные электродные материалы, обеспечивающие в наплавленном металле деформационное упрочнение при эксплуатации / В.Л. Малинов // Автомат. Сварка. – 2006. - № 8. – С. 29-32.
2. Опыт совместных работ ОАО «Запорожсталь» и ОП «Реммаш» в разработке и внедрении новых наплавочных материалов / В.В. Тарасенко, Г.В. Хоменко, В.И. Титаренко, А.В. Титаренко // Сб. работ 2-ой научно-практической конференции «Модернизация и переоснащение предприятий. Эффективные технологии ремонта и восстановления деталей». В рамках Международного промышленного форума «УкрИндустрия - 2006». Днепропетровск 11.10.2006, Экспо-центр «Метеор». - С. 39-43.
3. Богачев И.Н. Повышение кавитационной стойкости деталей машин / И.Н. Богачев, Р.И. Минц. - М.: Машиностроение, 1964. - 143 с.
4. Разиков М.И. Сварка и наплавка кавитационной стали марки 30Х10Г10 / М.И. Разиков, С.Л. Мельниченко, В.П. Ильин. -М: НИИМАШ, 1964. – 35 с.
5. Новая порошковая проволока, обеспечивающая эффект деформационного упрочнения наплавленного металла при эксплуатации / Л.С. Малинов, Л.Н. Орлов, В.Л. Малинов, А.А. Голякевич // Автоматическая сварка. -2009. -№5. -С. 46-48
6. Малинов Л.С. Экономнолегированные сплавы с мартенситными превращениями и упрочняющие технологии / Л.С. Малинов, В.Л. Малинов. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2007. - 352 с.

7. Петров И.В. Исследование износостойкости наплавочных материалов при абразивном изнашивании под действием динамических нагрузок: Дис... канд. техн. наук: 05.03.06 / И.В. Петров. - М., 1965. – 212 с.
8. Малинов В.Л. Разработка экономнолегированных наплавочных материалов для повышения износостойкости деталей, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания: Дис. ... канд. техн. наук: 05.03.06 / В.Л. Малинов. – Мариуполь, 2000. – 135 с.
9. Малинов В.Л. Цементация наплавленного металла-эффективный технологический приём / В.Л. Малинов // Тез. докл. Международной науч.-технич. конф. «Университетская наука-2008», Т. 2. - Мариуполь : ПГТУ, 2008. - С. 108.

Рецензент: Чигарев В.В.
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 21.03.2011

УДК 669.018

Чейлях Я.А.¹, Чигарев В.В.²

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННОЙ Fe-Cr-Mn НАПЛАВЛЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОЙ СТАЛИ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТАСТАБИЛЬНОСТИ АУСТЕНИТА

Обоснован выбор системы легирования, химический и фазовый состав наплавленной порошковой проволокой износостойкой Fe-Cr-Mn стали с регулированием содержания и степени метастабильности аустенита для управления свойствами и повышения износостойкости.

Ключевые слова: сталь, метастабильность, состав, износостойкость, наплавка.

Чейлях Я.А., Чигарев В.В. Розробка складу нової економнолегированої Fe-Cr-Mn наплавленої зносостійкої сталі з регулюванням змісту і метастабільності аустеніту. Обґрунтований вибір системи легування, хімічний і фазовий склад наплавленою порошковим дротом зносостійкої Fe-Cr-Mn сталі з регулюванням змісту і ступеня метастабільності аустеніту управління властивостями і підвищення зносостійкості.

Ключові слова: сталь, метастабільність, склад, зносостійкість, наплавлення.

Y.A. Cheiliakh, V.V. Chigarev. The creation of composition of new economical alloyed Fe-Cr-Mn surfacing wear resistant steel with regulate of maintenance and metastable austenite. The choice of the alloying system, chemical and phase composition wear resistant Fe-Cr-Mn steel, which surface a powder-like wire with regulating of maintenance and degree of metastability of austenite for management properties and wear resistant increase is grounded.

Keywords: steel, metastability, composition, wear resistant, surfacing.

Постановка проблемы. Проблема разработки эффективных способов восстановления изношенной поверхности и одновременно упрочнения поверхностных слоев быстроизнашивающихся деталей различного металлургического оборудования остается весьма актуальной. Ее решение наиболее перспективно за счет создания порошковых электродных наплавочных материалов, обеспечивающих деформационную метастабильность наплавленной экономнолегированной стали, способной к значительному деформационному самоупрочнению в процессе изнашивания [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Литературные данные по изучению метастабильности наплавленных сплавов весьма ограничены [2-5]. При разработке состава учитывались достоинства известных высокопрочных сталей переходного, аустенитно-

¹ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь