

<http://dx.doi.org/10.15589/jnn20140410>

УДК 621.791.92

Ч-58

## IMPROVEMENT OF WEAR RESISTANCE OF CHROME MANGANESE DEPOSITED METAL

### ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ХРОМОМАРГАНЦЕВОГО НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

**Valerii V. Chyharov**

[chigarew07@rambler.ru](mailto:chigarew07@rambler.ru)

ORCID: 0000-0002-2780-3204

**Volodymyr L. Malinov**

[malinov.v.l@gmail.com](mailto:malinov.v.l@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-6261-5148

**Anton M. Zusin**

[zusinanton@gmail.com](mailto:zusinanton@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3241-4545

**В. В. Чигарев,**

д-р техн. наук, проф.;

**В. Л. Малинов,**

канд. техн. наук;

**А. М. Зусин,**

асп.

**Priazovsky State Technical University, Mariupol**

*Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь*

**Abstract.** This paper studies the influence of heat treatment modes of the deposited chrome manganese metal at various temperatures. The optimal modes of deposit welding of the used flux cored wire for the deposit welding of the chrome manganese metal are considered. The deposited metal is studied for the presence of defects (pores, cracks). The tribotechnical abrasion tests, shock-abrasion tests and dry friction tests are conducted. The effect of the low backing on the structure and properties of the deposited chrome manganese metal is considered. The optimal modes of the backing are considered as well. It is determined that with respect to the required conditions of the deposited metal operation, it is necessary to control the structure of the deposited metal by the heat treatment of the deposited metal. The structure of the deposited metal should be predominantly austenitic undergoing the martensitic transformation in operation due to the imposed load. The results can be applied to the reduction deposit welding of the details of machines operating under the contact wear conditions.

**Keywords:** deposit welding, heat treatment, metastable austenite.

**Аннотация.** Выполнено исследование оптимальных режимов низкотемпературного отпуска для различных видов износа. Проведены триботехнические испытания на абразивный, ударно-абразивный износ и сухое трение. Результаты исследования могут быть применены для восстановительной наплавки деталей машин, работающих в условиях контактного износа.

**Ключевые слова:** наплавка, термообработка, метастабильный аустенит.

**Анотація.** Виконано дослідження оптимальних режимів низькотемпературного відпуску для різних видів зносу. Проведено триботехнічні випробування на абразивний, ударно-абразивний знос і сухе тертя. Результати дослідження можуть бути застосовані для відновлювального наплавлення деталей машин, які працюють в умовах контактного зносу.

**Ключові слова:** наплавка, термообробка, метастабільний аустеніт.

#### REFERENCE

- [1] Filipov M.A., Kulishenko B.A., Valkov E.V. Iznosostoykost naplavochnogo splava s metastabilnym austeinitom [Wear resistance of deposited alloy with metastable austenite]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov – Metallurgy and heat treatment of metals*, 2005, no. 1, pp. 9–11.
- [2] Cheylyakh A.P. Ispolzovanie termotsiklicheskoj obrabotki dlya regulirovaniya metastabilnosti austeinita i povysheniya svoystv staley i chugunov [Using thermal cycling treatments for control of metastability of austenite and improvement of properties of steels and cast irons]. *Vestnik Priazovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Azov State Technical University], 2000, vol. 10, pp. 88–93.
- [3] Cheylyakh A.P. *Ekonomnolegirovannyye metastabilnye splavy i uprochnyayushchie tekhnologii* [Economically metastable alloys and hardening technologies]. Kharkov, KIPT Publ., 2003. 212 p.

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Увеличение срока службы машин и деталей конструкций является одной из основных задач современного машиностроения. Один из способов восстановления изношенных деталей – автоматизированная дуговая наплавка. Использование в качестве наплавочных материалов с метастабильным аустенитом на хромомарганцевой основе для восстановления деталей машин является одним из перспективных направлений.

Среди основных показателей деталей машин и конструкций в первую очередь следует повышать износостойкость. Известно, что применение наплавочных материалов с метастабильным аустенитом в наплавленном слое позволяет получить в поверхностном слое высокотехнологичное покрытие, в котором в процессе эксплуатации происходит динамическое мартенситное превращение.

Для повышения свойств наплавленного хромомарганцевого металла с метастабильным аустенитом возможно применение термической обработки. Одним из способов термической обработки является низкотемпературный отпуск, положительно влияющий на свойства наплавленного металла.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ** – повышение износостойкости наплавленного металла порошковой проволокой ПП-Нп-12Х12Г12СФ за счет применения различных режимов низкотемпературного отпуска.

**ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА**

В данной работе представлены результаты использования хромомарганцевых наплавочных материалов, а также термической обработки наплавленного металла порошковой проволокой ПП-Нп-12Х12Г12СФ с целью повышения прочностных свойств.

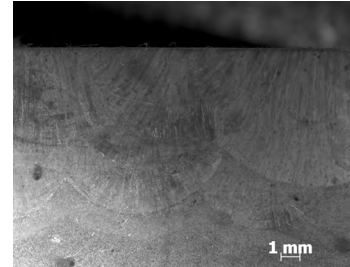
Основной особенностью используемого наплавочного материала является получение в структуре наплавленного металла метастабильного аустенита, претерпевающего при охлаждении, а также нагружении динамическое мартенситное превращение. Мартенсит – одна из самых твердых структур, поэтому его получение в поверхностном слое положительно влияет на износостойкость восстанавливаемых деталей машин и конструкций.

В процессе мартенситного превращения происходит релаксация напряжений и упрочнение наплавленного металла. На данный процесс расходуется значительная часть энергии внешнего воздействия на наплавленный металл.

Исследовалось влияние параметров отпуска на структуру и свойства наплавленного металла. После наплавки производился отпуск при температурах 200, 400, 600 °С с выдержкой в течение 1 ч и последующим охлаждением на открытом воздухе. Был наплавлен металл 12Х12Г12СФ под флюсом RecordSK. Режим

наплавки составил:  $I = 350...400$  А;  $U = 35...40$  В;  $V = 36$  м/ч. Высота наплавленного слоя металла при трехслойной наплавке составила 18...21 мм.

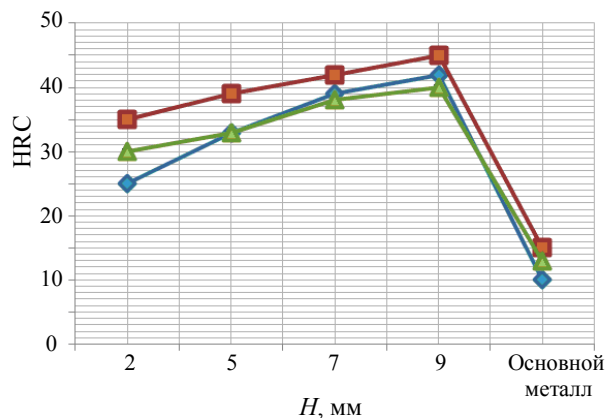
Проведены исследования макроструктуры наплавленного металла (рис. 1).



**Рис. 1.** Макроструктура наплавленного Fe-Cr-Mn металла

Макроструктура наплавленного металла не выявила каких-либо дефектов. Сплавление валиков друг с другом и с основным металлом отличное. Как известно, отпуск обычно применяется для уменьшения структурных, а также термических напряжений, образовавшихся во время наплавки [1–3]. Поэтому было принято решение исследовать влияние отпуска для регулирования метастабильности аустенита в наплавленном металле.

Отпуск в температурном интервале от 400...600 °С приводит к выделению карбидов в объеме и на границах зерен аустенита. Повышение температуры отпуска приводит к повышению содержания карбидов в наплавленном металле. Структура наплавки сохраняется преимущественно аустенитной. Что касается отпуска при температуре 200 °С, то он приводит к стабилизации аустенита и выделению малого количества карбидов. Результаты исследований твердости наплавленного металла по сечению показаны на рис. 2. Твердость верхнего слоя невысокая (27...30 HRC), что соответствует аустенитной структуре. Ближе к основному металлу твердость повышается и составляет 40...45 HRC, это объясняется преимущественно мартенситной структурой. На линии сплавления с основным металлом происходит резкое падение твердости до 10...15 HRC.



**Рис. 2.** Изменение твердости наплавленного Fe-Cr-Mn металла: — 200 °С; — 400 °С; — 600 °С

Склонность наплавленного металла к упрочнению под действием деформации определялась путем вдавливания закаленного шарика диаметром 10 мм на твердомере Бринелля под нагрузкой 30 кН. После этого проводились замеры твердости по Роквеллу в полученных отпечатках от шарика. Результаты холодно-пластической деформации показывают, что при оказании нагрузки твердость наплавленного металла возрастает, это свидетельствует о самоупрочнении за счет наклепа наплавленного металла и  $\gamma \rightarrow \alpha'$  динамического мартенситного превращения (рис. 3).

Чем выше температура отпуска, тем больше увеличение твердости наплавленного металла с повышением нагрузки вдавливания, это объясняется большей степенью дестабилизации аустенита. С повышением температуры отпуска происходит увеличение содержания карбидов, что приводит к обеднению аустенита углеродом и легирующими элементами, результатом этого становится дестабилизация аустенита. Поэтому чем больше выделяется карбидов, тем больше выделяется метастабильного аустенита и тем больше он склонен к динамическому мартенситному превращению и самоупрочнению за счет нагрузки.

По мере увеличения температуры отпуска прирост твердости наплавленного металла составляет: при температуре 200 °С –  $\Delta$ HRC 11, при 400 °С –  $\Delta$ HRC 13, при 600 °С –  $\Delta$ HRC 17, в случае упрочнения наплавленного металла без отпуска –  $\Delta$ HRC 8.

Испытания на износостойкость в условиях сухого трения скольжения, абразивного и ударно-абразивного износа наплавленного металла после отпуска показали следующие результаты, представленные на рис. 4. Проведенные исследования подтверждают полученные результаты. В случае эксплуатации наплавленного металла в условиях ударно-абразивного износа можно снизить температуру отпуска до 400 °С и, как следствие, снизить энергозатраты. Повышение износостойкости обусловлено дисперсным упрочнением за счет повышенного выделения карбидов, вследствие чего дестабилизацией аустенита и активизацией динамического мартенситного превращения. Данные факторы обеспечивают дополнительное самоупрочнение с одновременным поглощением энергии износа, в результате чего меньшая часть ее идет на разрушение поверхностного слоя наплавленного металла.

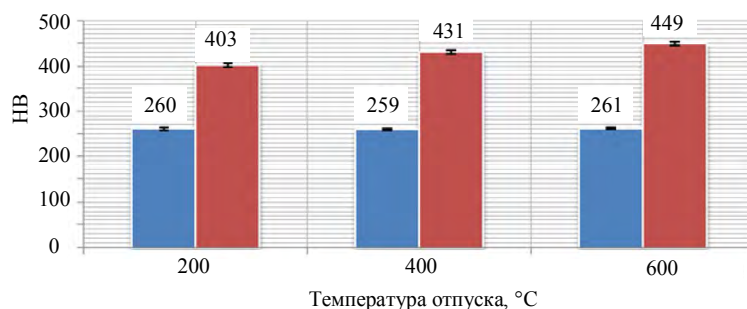


Рис. 3. Результаты изменения твердости многослойной накладки порошковой проволокой ПП-Нп-12Х12Г12СФ: ■ – до упрочнения; ■ – после упрочнения

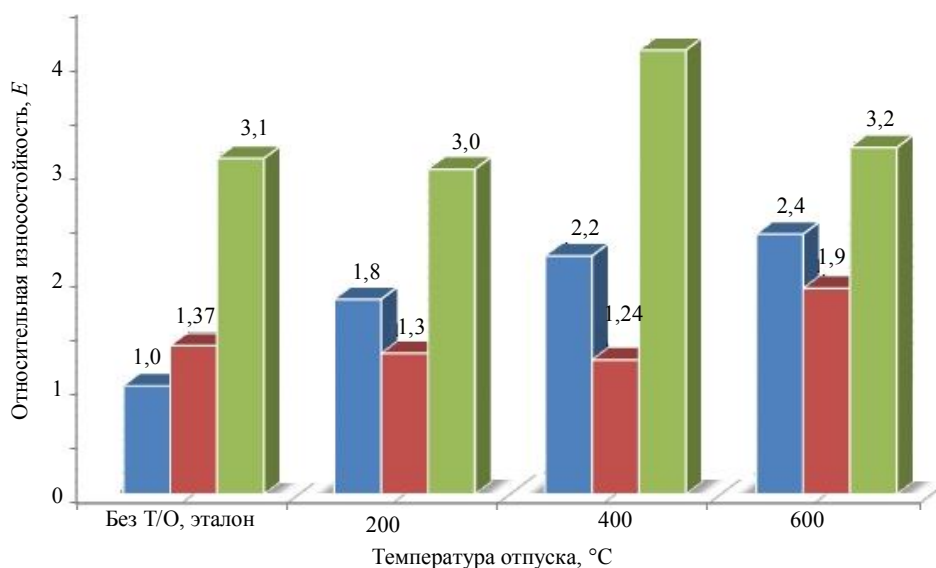


Рис. 4. Относительная износостойкость наплавленного Fe–Cr–Mn металла при разных видах износа: ■ – сухое трение; ■ – абразивный износ; ■ – ударно-абразивный износ

После проведенных испытаний на износостойкость поверхность наплавленного металла подверглась измерениям твердости с целью определения степени упрочнения поверхностного слоя (рис. 5).

Из полученных результатов следует, что при помощи регулирования температуры отпуска мож-

но получать требуемые показатели наплавленного металла, регулировать фазовый состав, метастабильность аустенита, степень его деформационного мартенситного превращения и определять формирование механических свойств в наплавленном металле.

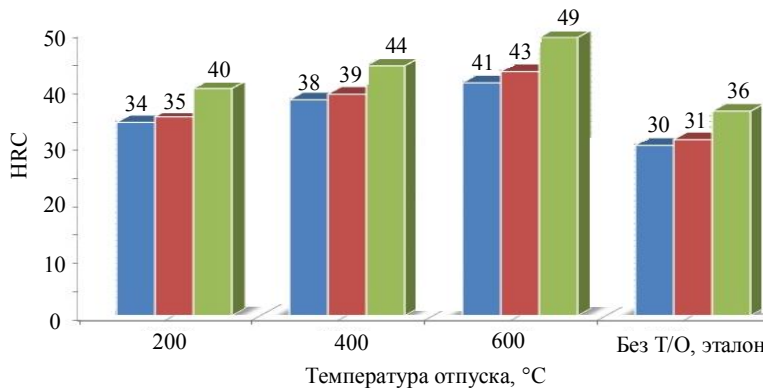


Рис. 5. Результаты изменения твердости поверхностного слоя наплавленного металла 12X12Г12СФ после отпуска при 200, 400 и 600 °C: ■ – сухое трение; ■ – абразивный износ; ■ – ударно-абразивный износ

### ВЫВОДЫ

1. Применительно к требуемым условиям работы наплавленного металла необходимо управлять его структурой с помощью термической обработки.

2. Структура наплавленного металла должна быть аустенитной, претерпевающей в процессе эксплуатации мартенситное превращение.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Филиппов, М. А. Износостойкость наплавочного сплава с метастабильным аустенитом [Текст] / М. А. Филиппов, Б. А. Кулишенко, Е. В. Вальков // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 2005. – № 1. – С. 9–11.
- [2] Чейлях, А. П. Использование термоциклической обработки для регулирования метастабильности аустенита и повышения свойств сталей и чугунов [Текст] / А. П. Чейлях // *Вестник Приазов. гос. техн. ун-та : сб. науч. тр.* – Мариуполь, 2000. – Вып. 10. – С. 88–93.
- [3] Чейлях, А. П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии [Текст] / А. П. Чейлях. – Х. : ННЦ ХФТИ, 2003. – 212 с.

© В. В. Чигарьов, В. Л. Малинов, А. М. Зусін

Надійшла до редколегії 07.05.2014

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК

д-р техн. наук, проф. О. М. Дубовий