

# СВАРКА

ISSN 2071-5234



# ДИАГНОСТИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ ПО СВАРКЕ, КОНТРОЛЮ И ДИАГНОСТИКЕ



**НАЦИОНАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО КОНТРОЛЯ СВАРКИ**

Лауреат премии Правительства РФ в области качества 2012 года  
Лауреат премии СНГ за достижения в области качества 2013 года  
Член Международного Института Сварки



**№ 2-2017**  
**март – апрель**



[www.svarka.naks.ru](http://www.svarka.naks.ru)

## ПОДВЕДЕНЫ ИТОГИ КОНКУРСА СВАРЩИКОВ

Победители представят Россию на международном конкурсе Arc Cup 2017 >>> **стр. 6**



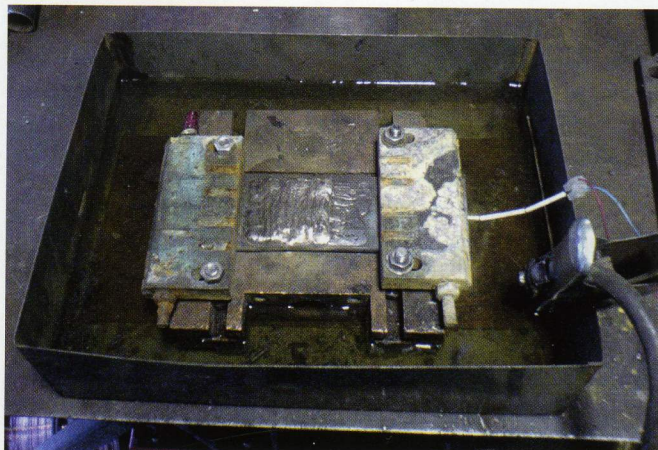
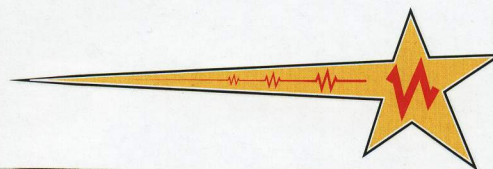


Рис. 2. Приспособление для наплавки образцов

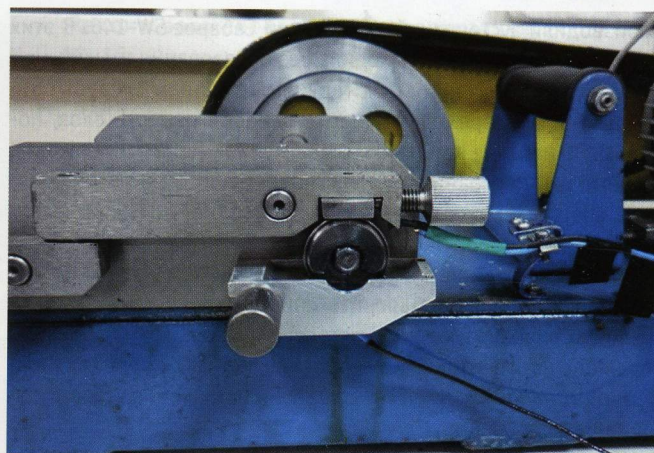


Рис. 4. Машина трения МТ-10

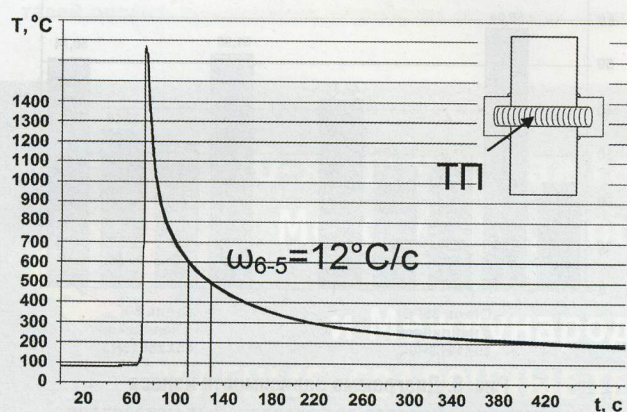


Рис. 3. Сварочно-термический цикл наплавки на образцы

Автоматическую наплавку выполняли в защитном газе на стенде, оснащённом механизмом подачи проволоки. Применяли наплавочные проволоки Сабарос 395ТГН и SW-146, диаметром 1,6 мм. Наплавку производили в режимах:  $I_{св} = 250-280$  А,  $U_d = 26-28$  В,  $V_{св} = 18$  м/ч. Химический состав наплавочных материалов приведен в табл. 1.

Таблица 1.

| Хим. состав                            | C     | Si      | Mn    | Ni    | Cr      | Mo    |
|----------------------------------------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|
| Св-10X15H25M6AГ2C<br>(Сабарос 395 ТГН) | ≤0,12 | 0,3-0,7 | 1-2,2 | 22-27 | 13,5-17 | 4,5-7 |
| Св-10X19H9Г9C<br>(Сабарос SW-146)      | ≤0,10 | 0,7-0,9 | 8,5   | 8,5   | 18,5    | —     |

Для выявления склонности к горячим трещинам в образцах малых размеров применяли изгиб кристаллизующегося шва в оснастке машины ЛТП-1-4, а в оснастке ЛТП-2-3 — склонность к холодным трещинам по стандартам РФ 26388-84 и 26389-84.

Производственную апробацию технологии наплавки колец производили с использованием сварочного вращателя.

После наплавки поверхность металла подвергали механическому наклепу по схеме осадки валика по высоте на установке EUS-100.

Скорость износа устанавливали путем трения плоского образца о контр тело в виде кольца подшипника на установке МТ-10 (рис. 4).

Образцы шлифов вырезали абразивом из поперечных темплетов. После полировки для металлографического исследования травили азотной и пикриновой кислотой для выявления структуры в зоне перемешивания перлита и аустенита.

Твердость измеряли с помощью твердомера Digital Display Vickers HVS-50 по траектории поперек оси шва и по вертикали в центре шва. Микроструктуру в зоне сплавления анализировали при высоком увеличении.

**Результаты исследования.** В первых опытах с наплавкой кольца электродами типа УОНИ-13/55, с неконтролируемым газовым местным подогревом обнаружены трещины под наплавкой в диаметральной плоскости.

При микроисследовании выявили окисленные участки, т.е. горячие трещины, переходящие в холодные трещины, а также хрупкое разрушение (рис. 5), т.е. лом под действием остаточных напряжений.

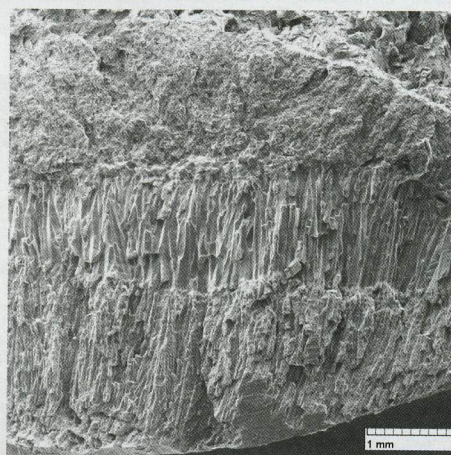
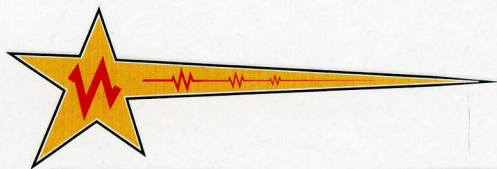


Рис. 5. Фрактограмма хрупкого разрушения кольца опорно-поворотного устройства

Для предотвращения дефектов, вызванных перемешиванием и закалкой, в дальнейшем применили наплавку стали типа 35ГС по подслою полученному глубоко аустенитной проволокой ЭИ-395 или Сабарос 395ТГН при колебании поперек оси наплавки и с весьма малой маршевой скоростью. При этом в объеме наплавки сохраняется стабильно аустенитная структура в связи с малой глубиной проплавления и практически отсутствием участия основного металла. Наплавку верхнего слоя



производили аустенитной проволокой Сабарос SW-146. В этих вариантах наплавка происходила без образования трещин.

Отсутствие склонности к горячим трещинам следует объяснять малым перемешиванием с основой первого слоя, поскольку в металле наплавки было высокое (25%) содержание Ni (который неограниченно растворяется в Fe), а также большой скоростью охлаждения при возвратно-поступательном перемещении горелки.

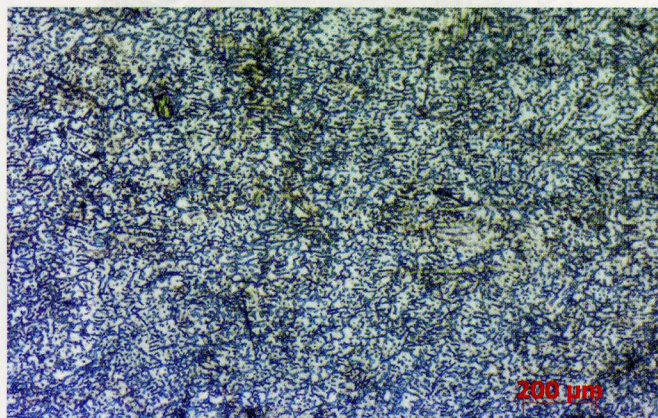
Меньшая склонность к холодным трещинам в зоне наплавки подслоя следует объяснить снижением скорости охлаждения при возвратно-поступательной траектории движения горелки с малой маршевой скоростью, меньшим уровнем диффузионного водорода в ГЦК решетке и пониженными остаточными напряжениями.

В процессе реализации технологии с двухслойной наплавкой выявлена недостаточная производительность, длительное использование карусельного станка, частую смену сварочных материалов и режимов.

С целью упрощения технологии наплавки на детали из стали 35ГС апробирована наплавка колец по спирали одной аустенитной проволокой Сабарос SW-146. Для предотвращения закалки стали под наплавкой, наплавку вели с большой скоростью ( $V_{св} = 16-18$  м/ч) с перекрытием предыдущего валика на 1/3 ширины последующим проходом.

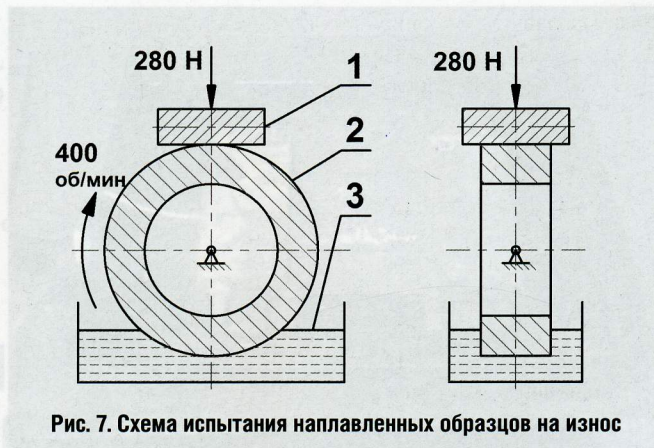
Однако наплавку при восстановлении деталей из сталей с более сложным легированием следует выполнять по подслою Сабарос 395 ТГН [2].

Анализ качества нового варианта наплавки подтвердил отсутствие горячих и холодных трещин и сохранение в зоне сплавления шва со стабильно аустенитной структурой. Кроме того, обнаружено, что под воздействием холодного наклепа в наплавленном слое изменяется структура: аустенит переходит в мартенсит деформации (рис. 6) с увеличением объема, что обуславливает снижение остаточных напряжений по механизму разгрузки.

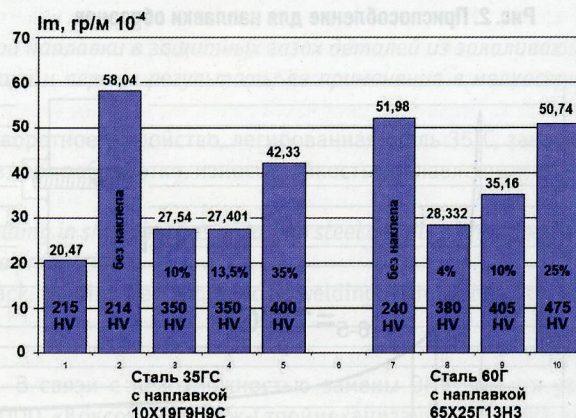


**Рис. 6. Наплавленный слой со структурой мартенсита деформации**

Испытания на износ проводились на машине трения МТ-10 по схеме на рис. 7. Пара трения 1–2 образце и кольцо в качестве контр тела смазывалась маслом 3. Через систему рычагов к ней прилагалась нагрузка, определяемая количеством подвешенных грузов. Контр телом являлось внешнее кольцо подшипника из стали ШХ15. Вращение происходило с постоянной скоростью.



**Рис. 7. Схема испытания наплавленных образцов на износ**



**Рис. 8. Диаграмма зависимости износа от величины наклепа для исследуемых материалов**

Испытывались аустенитные наплавочные материалы ЦНИИН-4 (65Х25Г13Н3) и SW-146 с различной степенью осадки (наклепа) от 4% до 30% и сравнивались с исходной сталью 35ГС. Кроме того, на всех образцах измеряли твердость (Рис. 8).

Износ определяется по формуле:

$$I_m = \frac{\Delta}{L} \cdot \left[ \frac{\text{гр}}{\text{м}} \right],$$

где  $\Delta$  — потеря массы, гр;  $L$  — путь трения, м.

$$L = \omega \cdot \pi D \cdot t_{\text{исп}},$$

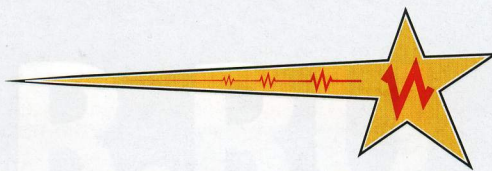
где  $\omega$  — скорость вращения, об/мин;  $t_{\text{исп}}$  — время испытания.

Испытания показали, что чрезмерное осадка (наклеп) порядка 30% и упрочнение более 400HV ведет к увеличению дефектов кристаллической решетки и выкрашиванию наплавленного металла.

По полученным результатам разработаны рекомендации по наплавке с деформированием аустенитной наплавки проволокой SW-146 или электродами ЦНИИН-4 с целью повышения ее износостойкости в пределах 10% с контролируемым упрочнением до 350–380 HV.

## Выводы

1. Выявлено, что на линии сплавления стали 35ГС с наплавкой SW-146 образуется структура с эпитаксиальной кристаллизацией [5], что препятствует образованию карбидной гряды и трещин различного типа.



2. Наплавку подшипниковых колец из стали типа 35Гс целесообразно производить Cr-Mn проволокой SW-146 без подогрева и не допускать последующего высокого отпуска.

3. Наплавка может быть осуществлена на ремонтном участке с использованием сварочного вращателя и сварочного автомата.

4. Затраты времени на ремонт одного комплекта из 3-х колец 7 дней, из них 1 день на разборку ОПУ, подготовку мест наплавки и 6 дней на наплавку, механическую обработку, обкатку с наклепом и сборку ОПУ.

5. Можно рекомендовать деформирование аустенитной наплавки проволокой SW-146 или электродами ЦНИИН-4 с целью повышения ее износостойкости в пределах наклепа до 10% и увеличения твердости до 350-380 НВ.

## Список литературы

1. Якушин Б.Ф., Сударев А.В. Восстановительная наплавка деталей опорно-поворотного устройства стреловых кранов

// Ремонт, восстановление и модернизация, 2009. № 8. С. 12-16.

2. Пат. 2530977 Российская Федерация. МПК F16L 55/172: Способ износостойкой слоистой наплавки стальных подшипниковых колец опорно-поворотных устройств стреловых кранов / Б.Ф. Якушин, А.В. Сударев; Заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. №2013118076; Заяв. 19.04.2013, опубл. 20.09.2014.

3. Максимов С.Ю., Ляховая И.В. Мокрая подводная сварка низколегированных сталей повышенной прочности // Автоматическая сварка, 2013. № 8. С. 43-46.

4. Якушин Б.Ф., Сударев А.В., Прудников С.В. О преимуществах хромомарганцевых наплавочных материалов при восстановлении деталей рельсового транспорта // Ремонт, восстановление и модернизация, 2011. № 1. С. 2-7.

5. Металлургия сварки и свариваемость нержавеющей сталей: [пер. с англ.] / Д. Липпольд, Д. Котеки; под ред. Н.А. Соснина, А.М. Левченко. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 467 с.



## 70-я Ежегодная Генеральная Ассамблея Международного Института Сварки



### и Международная конференция «ЗЕЛЕНые\* СВАРОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ для ЭФФЕКТИВНОГО И НАДЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

\* экологически чистые и энергосберегающие технологии, направленные на снижение вредного воздействия на окружающую среду и экономию энергии



25-30 июня 2017 года

Шанхайский Международный Конференц Центр, Шанхай, Китай

(Shanghai International Convention Center, Shanghai, China)