

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

РОБЛЕС АГИЛАР ХОСЕ АНТониО

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛТОВ
КОЛЕСНОГО ДИСКА АВТОБУСОВ ВИБРОДУГОВОЙ
НАПЛАВКОЙ

Специальность 05.02.01.

Материаловедение в машиностроении
/промышленность/

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков, 1992

Диссертационная работа выполнена в Харьковском автомобильно-дорожном институте.

Научный руководитель – Доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники Украины, профессор
С.С. Дьяченко

Официальные оппоненты – Доктор технических наук, профессор
Т.С. Скобло

Кандидат технических наук, доцент
Н.Г. Ефименко

Ведущая организация – ТПО "Харьковавтотранс"

Защита состоится " 17 " декабря 1992 г. в 14 часов на заседании специализированного совета К.068.12.02. "Материаловедение в машиностроении" при Харьковском автомобильно-дорожном институте.

310078, Харьков, Петровского, 25

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "27" ноября 1992 г.

Ученый секретарь специализированного совета кандидат

И.В. Дощечкина

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00816864 (X)

ЛНБ ім. В. Стефаника
ХАРЬКІВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В настоящее время затраты металла на запасные части машин различного назначения достигают уровня его потребления при производстве новых изделий. Затраты могут быть заметно сокращены при замене изношенных деталей восстановленными. Восстановление вышедших из строя деталей машин становится все более актуальным в связи с ростом цен на металл и его нехваткой. Это определяет необходимость расширения номенклатуры автомобильных деталей, подвергающихся восстановлению.

К числу деталей, которые ранее не восстанавливались, относятся болты колесного диска, которыми крепится барабан тормозного механизма к ступице задних колес автобусов, среди которых большое количество автобусов "Икарус", "ЛАЗ" и "ЛиАЗ". До недавнего времени эти болты как для автобуса "Икарус", так и "ЛАЗ" поставлялись из Венгрии, поскольку задний мост к автобусу "ЛАЗ" изготавливался на Венгерском заводе RABA. В настоящее время поставка запчастей из Венгрии прекращена. Поэтому разработка метода, позволяющего восстанавливать болт колесного диска, представляет очень актуальную с экономической точки зрения задачу.

Проблема восстановления указанной детали актуальна и для Республики Перу, основным видом городского общественного транспорта в которой являются автобусы, в том числе: "Икарус". Приобретение запасных частей за границей связано со значительными валютными затратами. Отсутствие достаточного количества валюты привело к тому, что уже сейчас в Перу простаивают автобусы, в том числе из-за нехватки болтов колесного диска, замена которых, в соответствии с техническими рекомендациями, должна производиться после пробега 10 тыс. км.

Цель работы - выбор экономически эффективного способа и материала для восстановления болтов колесного диска и разработка режимов восстановления, обеспечивающих получение высоких служебных свойств деталей. Последнее особенно важно, поскольку болты колесного диска относятся к тяжело нагруженным деталям, работающим в условиях сложно-напряженного состояния и оказывающим влияние на безопасность движения. Учитывая небольшой диаметр детали (для шлицевой части $d = 23$ мм, для резьбовой $d = 20$ мм), условия ее работы, величину износа, требования к свойствам, а также экономические соображения (высокую производительность, простоту и возможность применения на любом авторемонтном предприятии), для восстановления болта выбран метод вибродуговой наплавки.

Задачи исследования:

- выбор материала электрода;
- анализ температурных полей при наплавке;
- разработка оптимальных режимов наплавки (электрических параметров, среды, в которой производится наплавка, условий охлаждения), обеспечивающих получение качественного наплавленного слоя;
- исследование микроструктуры и свойств болтов после восстановления;
- определение величины внутренних напряжений, возникающих при наплавке, и выработка рекомендаций относительно термической обработки восстановленных болтов;
- разработка технологического процесса восстановления болтов колесного диска;
- эксплуатационные испытания восстановленных болтов;
- технико-экономическое обоснование процесса восстановления и разработка практических рекомендаций по его внедрению.

Научная новизна. Предложена схема кристаллизации наплавленного металла с учетом явления дендритной ликвации, позволяющая прогнозировать характер структур, формирующихся при наплавке электродами разного состава.

На основании анализа термокинетических диаграмм с учетом термического цикла сварки и металлографических исследований сформулирован подход к выбору электрода и условиям охлаждения, обеспечивающим получение в наплавленном металле однородной структуры, близкой по свойствам к исходному материалу.

Разработаны режимы наплавки, обеспечивающие возникновение в поверхностном слое детали сжимающих напряжений, что позволяет использовать восстановленные детали без последующей термообработки.

Практическая ценность работы: Подобраны оптимальные параметры наплавки, обеспечивающие незначительный разогрев основного металла и сохранение его свойств при достаточно высокой производительности ($W = 12,6 \text{ см}^2/\text{мин}$) и минимальной остаточной деформации болтов.

Выбран материал электрода и условия охлаждения, обеспечивающие получение требуемых свойств в наплавленном металле и ЗТВ.

Разработан технологический процесс восстановления болтов колесных дисков, обеспечивающий требуемые служебные свойства.

Процесс внедрен на Артемовском авторемонтном заводе (Полтавская область) при восстановлении болтов автобуса "ЛАЗ". Фактический экономический эффект при годовой программе ремонта 1719 задних мостов составил 66184 р. в ценах на 1.01.90 г.

На защиту выносятся:

I. Схема кристаллизации наплавленного металла с учетом явления дендритной ликвации, позволяющая прогнозировать характер структур, формирующихся при наплавке электродами разного состава:

2. Сформулированный на основе анализа термокинетических диаграмм с учетом термического цикла сварки и металлографических исследований подход к выбору электрода и условиям охлаждения, обеспечивающим получение в наплавленном металле и ЗТВ однородной структуры, близкой по свойствам к исходному материалу.

3. Разработанные режимы наплавки, обеспечивающие устойчивость процесса наплавки, малый разогрев детали, хорошее сплавление, высокое качество наплавленного металла, возникновение сжимающих напряжений в поверхностном слое.

4. Технология восстановления колесных болтов автобуса, обеспечивающая высокие служебные свойства при малых затратах, ее внедрение на АТП и полученный экономический эффект.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на областной конференции, "Достижения ученых - народному хозяйству", Харьков, 1990 г., на IV Украинской республиканской научно-технической конференции "Современные методы наплавки, упрочняющие защитные покрытия и используемые материалы", Харьков, 1990 г., на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Харьковского автомобильно-дорожного института / г. Харьков, 1988 - 1991 г./, на научно-технической конференции "Восстановление деталей машин", Перу - Лима, 1991 г.

Публикация результатов исследований. Основные положения диссертации изложены в двух публикациях.

Объем работы и ее структура. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, списка литературы из 109 наименований, трех приложений, изложена на 179 страницах машинописного текста, в том числе содержит 9 таблиц, 62 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Условия работы болтов колесного диска и причины их выхода из строя. Болты колесного диска автобусов изготавливают из сталей 40 X и 50 X и подвергают улучшению-закалке с отпуском при 520-570°C. Твердость новых болтов колеблется в интервале HRC 34-37, хотя иногда снижается до HRC 32, что связано с неоднородной структурой, в которой, наряду с троститом (сорбитом) отпуска, встречаются структуры бейнитного типа и структурно-свободный феррит. В данной работе исследования выполнены на стали 40 X.

Болты являются тяжело нагруженными деталями, работающими в условиях сложнапряженного состояния и испытывающими действие значительных циклических напряжений разного знака и величины.

В процессе эксплуатации обычно наблюдаются два вида износа: смятие шлицевой части, которая запрессовывается в ступицу колеса, и срез витков резьбового соединения, предназначенного для крепления барабана тормозного механизма. Выполненный анализ показал, что повреждения шлицевой части связаны с микроизнашиванием вследствие фреттинг-усталости. Около 90 % разрушений резьбовых соединений также носит усталостный характер, причем чаще всего разрушение происходит по первым трем (от опорной поверхности гайки) рабочим виткам. На основании статистической обработки результатов микрометрирования большой партии болтов (объем выборки $n = 62$) построены кривые нормального распределения износа шлицевых и резьбовых соединений. Преимущественный износ составляет для шлицевого соединения 0,15 мм, для резьбового - 0,55 мм при максимальном износе 0,33 и 0,91 мм соответственно.

Выбор метода восстановления и материала для наплавки. Выбор метода восстановления болтов колесного диска был обусловлен сле-

дующими соображениями.

- требовалось использовать метод, позволяющий осуществлять наплавку нужной толщины на детали небольшого диаметра;

- температурное воздействие на основной металл должно быть минимальным, чтобы не допустить нагрева болтов до температуры, превышающей температуру исходного отпуска, и не вызвать изменения механических характеристик;

- при наплавке величина растягивающих внутренних напряжений должна быть минимальной, что могло бы позволить использовать восстановленные болты без последующей термообработки;

- метод должен быть прост, достаточно производителен, применим в условиях любого авторемонтного завода.

Всеми этими требованиями полностью удовлетворяет метод вибро-дуговой наплавки.

При выборе материала электрода главным требованием было использование известных и недефицитных электродных материалов, по своему химсоставу и свойствам достаточно близких к стали 40 X, из которой сделаны болты. Это в первую очередь относится к содержанию углерода. Низкоуглеродистые проволоки не могли обеспечить требуемых прочностных свойств и не рассматривались. Из рассмотрения были исключены проволоки, легированные дефицитными элементами (Ni , Mo , V), а также высоколегированные специальные наплавочные материалы.

Учитывая возможность выгорания углерода в процессе наплавки, для защиты наплавленного металла в составе электрода желательно было иметь такие элементы как Mn и Si . В связи со сказанным, в соответствии с ГОСТ 10543-82 для эксперимента были выбраны две проволоки: Нп - 65 Г и Нп - 30 ХГСА. Проволоки с более высокими содержанием углерода (0,80 - 0,65 %) не рассматривались в связи с

повышенной хрупкостью такого материала.

Условия и параметры наплавки. Для наплавки использовали установку с механическим вибратором типа СКС-6569 УХАЗ-ГОСНИТИ. Наплавка осуществлялась в воздушной среде и в среде углекислого газа. Были выбраны два варианта охлаждения: принудительное - струей охлаждающей жидкости (4-5 % раствор кальцинированной соды в воде) и естественное - на воздухе. Критериями при выборе параметров наплавки являлись: хорошее качество наплавленного металла, минимальный разогрев детали и малая ширина зоны термического влияния (ЗТВ), устойчивость горения дуги и достаточная производительность процесса. Наплавка производилась при обратной полярности. Выбранные нами на основании проведенных экспериментов оптимальные параметры при наплавке проволокой Нп-30 ХГСА приведены в табл. I

Таблица I

Оптимальные режимы вибродуговой наплавки проволокой
Нп - 30 ХГСА ($d = 1,6$ мм)

Варианты наплавки!	Параметры наплавки						
	U, В!	I, А!	n, об/мин!	s, мм/об!	V, м/мин!	l, мм!	L, мм!
1, 2	16 - 18	70-110	4,0-4,5	2,0-2,5	0,79	6-8	20
3, 4	18 - 20	80-90	4,5	2	0,79	12-14	20

Примечание: 1-наплавка в воздушной атмосфере, охлаждение на воздухе; 2-наплавка в воздушной атмосфере, охлаждение жидкостью; 3-наплавка в CO_2 , охлаждение на воздухе; 4-наплавка в CO_2 , охлаждение в жидкости; U - напряжение, I - сила тока; n - число оборотов детали; s - шаг наплавки, V - скорость подачи проволоки; l - вылет электрода, L - расстояние от дуги до места подвода охлаждающей жидкости.

При указанных параметрах содержание углерода в наплавленном металле уменьшается всего на 0,03-0,04 % по сравнению с его количеством в электродной проволоке. При этом практически не выгорают легирующие элементы.

Температурное поле болта при наплавке. Анализ температурного поля болта при наплавке по указанным вариантам показал, что максимальная температура в центре детали не превышает 270-320°C и мало зависит от условий наплавки и охлаждения. Ширина ЗТВ невелика и составляет при наплавке на воздухе 1,4 мм (рис. 1), при наплавке в углекислом газе 1,8 мм. При этом, как видно из рис. 1., снижение твердости в ЗТВ вследствие доотпуска (участок cd) и неполной перекристаллизации в межкуритическом интервале (участок cb) не превышает HV 10. Это значительно меньше разброса твердости в новом болте после заводской термообработки. Таким образом, можно утверждать, что воздействие термического цикла наплавки не изменяет исходных свойств стали 40 X, из которой сделаны болты.

Структурообразование в наплавленном металле и критерий выбора материала электрода и условий охлаждения. Как известно, для прогнозирования структур, формирующихся в стали при разных условиях охлаждения, используют термокинетические диаграммы (ТКД), вид которых существенно зависит от температуры аустенитизации. Когда же речь идет о структурообразовании в наплавленном металле, то в этом случае определяющую роль могут сыграть ликвационные явления, протекающие при кристаллизации наплавленного металла, и в первую очередь, ликвация углерода.

На рис. 2 приведен перитектический угол диаграммы Fe - C, позволяющий оценить роль ликвации при кристаллизации металла с разным содержанием углерода - 0,3 и 0,65 %, в соответствии с выбранными для наплавки проволоками Нп-30 ХГСА и Нп-65Г*).

*) Роль легирующих элементов при оценке ликвационных явлений не учитывалась.

ликвация, в соответствии с линиями JE и BC диаграммы Fe - C, в процессе кристаллизации приводит к формированию участков δ' - фазы, обедненных и обогащенных углеродом по отношению к среднему его содержанию в стали. При неравновесной кристаллизации, имеющей место вследствие быстрого охлаждения наплавленного металла, процесс расслоения аустенита по углероду усугубляется в связи со снижением температуры конца кристаллизации (пунктирная линия $J\alpha'\delta'$ на рис. 2).

В стали 65 Г первые порции аустенита будут иметь концентрацию углерода, определяемую точкой α' (конода α' - I, рис. 2). В зернах же δ' - фазы, закристаллизовавшихся последними, содержание C может значительно превосходить среднее в стали (конода B - δ' , рис. 2).

Превращение аустенита в обогащенных и обедненных областях осуществляется независимо. Образующийся при этом характер структур ясен из ТКД для сталей, содержащих 0,2 и 0,8 % C и 1 % Mn (рис. 3).

Для малоуглеродистого аустенита при охлаждении на воздухе (рис. 3, а, кривая 2) структура представляет собой бейнитную матрицу переменного состава по углероду, участки феррито-карбидной смеси троститного типа и избыточный феррит, количество которого может достигать 35 - 40 %. Если учесть, что на кинетику распада аустенита могло повлиять повышение устойчивости δ' - фазы вследствие формирования крупнозернистой структуры, что свойственно литому металлу (размер зерна 80 - 100 мкм), то количество избыточного феррита и неоднородность структуры может еще усугубиться. Ускорение охлаждения (применение жидкости) не подавляет выделения структурно-свободного феррита (рис. 3, а, кривая 1). В высокоуглеродистых участках (рис. 3, б) при охлаждении на воздухе (кривая 2) формируется смесь тростита и бейнита, при охлаждении жидкостью

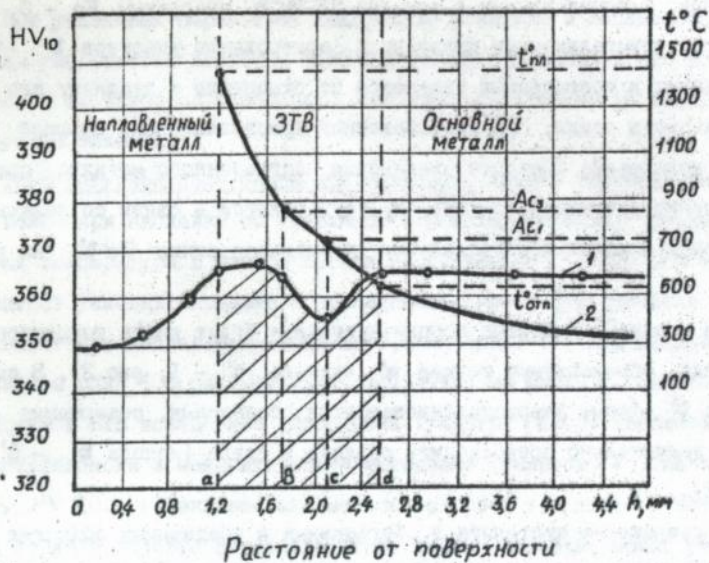


Рис. 1. Распределение твердости (кривая 1) и температуры по глубине болта (кривая 2) при наплавке по варианту I (наплавка и охлаждение на воздухе)

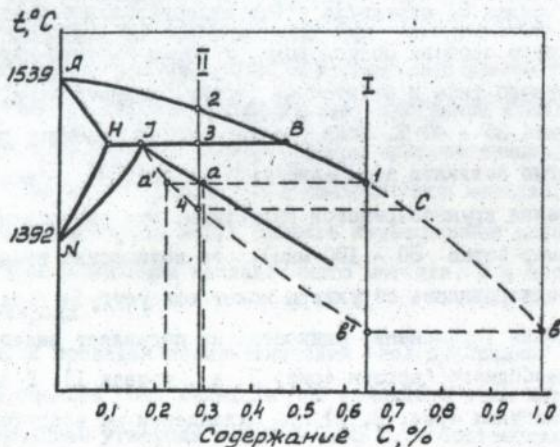
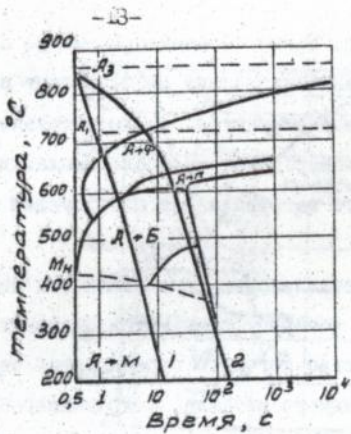
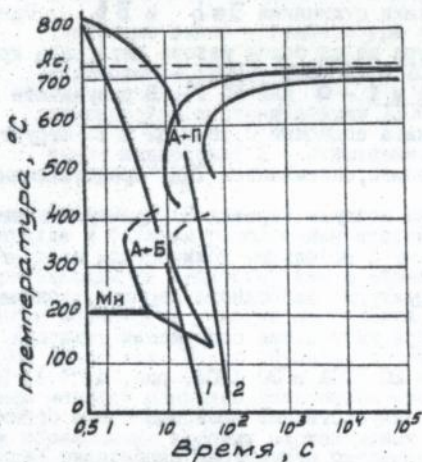


Рис. 2. Перитектический угол диаграммы Fe-C и изменение концентрации углерода при кристаллизации наплавленного металла: I - Нп - 65 Г; II - Нп - 30 ХГСА.



а)



б)

Рис. 3. Термокинетические диаграммы для сталей 20 Г (а) и 80 Г (б); 1 — охлаждение жидкостью, 2 — охлаждение на воздухе.

(кривая 1) бейнит и мартенсит. Таким образом применение проволоки Нп - 65 Г ни при каких условиях охлаждения не позволит получить в наплавленном металле однородной структуры без значительного количества избыточного феррита непосредственно после наплавки. Поэтому применение такого наплавочного материала без последующей термической обработки невозможно.

В стали 30 ХГСА при кристаллизации осуществляется перитектическая реакция, в результате которой формируется аустенит состава точки Γ (0,16 % С), количество которого определяется отрезком 3 - В (рис. 2). Количество жидкого металла, сохранившегося по окончании перитектической реакции, определяется отрезком Н-3. При кристаллизации этой жидкости также происходит расслоение аустенита по углероду, в соответствии с линиями $\Gamma\alpha'$ и $B\delta$. Однако оно проявляется в меньшей мере из-за более узкого интервала кристаллизации (3-4 для 30 ХГСА и 1 - δ' для 65 Г). В результате подавляющее количество аустенита содержит 0,16-0,32 % С. Структуры, формирующиеся в таком аустените, описываются ТЖД, представленными на рис. 4. При охлаждении на воздухе (кривая 2) преимущественной структурой является бейнит с небольшим количеством продуктов диффузионного распада и структурно свободного феррита, количество которых возрастает по мере уменьшения содержания углерода в γ -фазе (ср. ТЖД для сталей 20 ХГСА и 30 ХГСА, рис. 4 *). Высокоуглеродистый аустенит преимущественно превращается в бейнит. При охлаждении жидкостью количество структурно свободного феррита может даже возрастать в связи с увеличением степени переохлаждения

* На рис. 4 приведены ТЖД с учетом термического цикла наплавки (температура аустенитизации 1300°C) и для сравнения для стали 30 ХГСА показана ТЖД для температуры аустенитизации 890 °С.

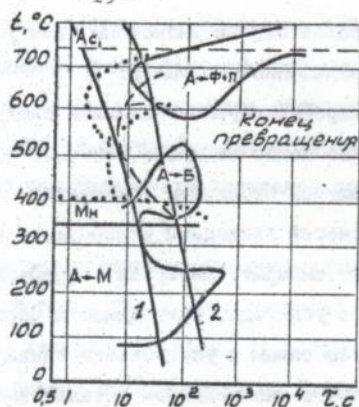


Рис. 4. Термокинетические диаграммы для сталей 30 ХГСА (сплошные линии - температура аустенитизации 890°C , штриховые - $1300 - 1350^{\circ}\text{C}$) и 20 ХГСА (точечная линия, температура аустенитизации $1300 - 1350^{\circ}\text{C}$); 1 - охлаждение жидкостью; 2 - охлаждение на воздухе.

жидкого металла и ббльшим расслоением аустенита по углероду. Кроме того при охлаждении жидкостью как в наплавленном металле, так и в ЗТВ могут возникнуть участки мартенсита, что неблагоприятно отразится на свойствах. Таким образом, с точки зрения получения в наплавленном металле меньшего количества избыточного феррита и исключения образования хрупких мартенситных структур рационально применять охлаждение на воздухе.

Характер образующихся структур практически не зависит от среды, в которой осуществляется наплавка (воздух, CO_2), хотя в металле, наплавленном в CO_2 , после охлаждения на воздухе фиксируется несколько большее количество структурно свободного феррита и продуктов диффузионного распада, чем после наплавки в воздушной среде. По-видимому, это связано с несколько ббльшим тепловложением

(это видно по более широкой ЗТВ) и вызванным этим уменьшением скорости охлаждения наплавленного металла.

Из выполненного микроструктурного анализа следует, что для получения непосредственно после наплавки наиболее однородной структуры, характеризующийся небольшим количеством структурно свободного феррита и меньшей ликвацией углерода, в качестве электродной проволоки следует выбирать материал, содержащий 0,30-0,35%С. Более высокое содержание углерода, приводящее к расширению интервала кристаллизации и тем самым к усугублению ликвационных явлений, вызовет формирование в наплавленном металле значительного количества избыточного феррита, выделение которого нельзя подавить ускорением охлаждения. Для исключения возможности формирования хрупких структур охлаждение рекомендуется проводить на воздухе. Наплавочный материал должен содержать не менее 3 % легирующих элементов, поскольку известно, что каждый процент легирующего элемента смещает эвтектоидную точку на 0,1 % в сторону меньших концентраций углерода. Это позволяет даже при очень медленном охлаждении уменьшить количество структурно свободного феррита в продуктах диффузионного распада и облегчить формирование бейнитных структур. В нашем случае таким электродным материалом является проволока Нп-30 ХГСА, которая и была выбрана для восстановления болтов.

Механические свойства восстановленных болтов (материал Нп - 30 ХГСА). Исходя из условий работы болтов и предъявляемых к ним требований, в наплавленных болтах осуществлялся контроль твердости вдоль и по глубине наплавки, определялось временное сопротивление на срез τ_s резьбы, нарезанной в наплавленном металле, и предел выносливости σ_{-2} образца с резьбой, нарезанной в наплавленном металле. Усталостные испытания осуществлялись на машине

УМП-02 циклического растяжения консольно нагруженного образца. Испытания проводились таким образом, что циклические нагрузки передавались именно на резьбовую часть образца. Таким образом, выбранная схема испытаний соответствует условиям работы колесного болта, в связи с чем результаты испытаний можно считать представительными.

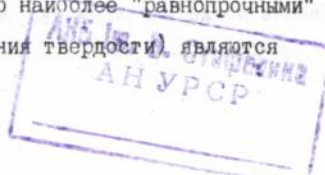
Несмотря на естественную неоднородность литого металла как по содержанию углерода, так и по структуре, при наплавке и охлаждении на воздухе (вариант I, табл. I) разброс твердости как вдоль, так и поперек наплавки не превышает ее разброса в исходном болте. При охлаждении в воде как сами значения твердости наплавленного металла, так и ее разброс повышаются. Значения твердости для всех исследованных вариантов наплавки в разных зонах восстановленных болтов приведены в табл. 2. Здесь указаны крайние значения твердости, что характеризует ее разброс.

Таблица 2

Твердость HV_{10} в различных зонах восстановленных болтов (электрод Ип - 30 ХГСА)

Вариант наплавки	Основной металл	ЗТВ	Наплавленный металл
I		335 - 385	330 - 360
2	335 - 380	360 - 440	370 - 460
3		330 - 375	325 - 370
4		360 - 500	365 - 480
I + отпуск	325 - 360	-	305 - 330

Из приведенной таблицы следует, что наиболее "равнопрочными" (с точки зрения однородности распределения твердости) являются



болты, наплавленные по варианту I. Однако по одной только твердости нельзя судить о механических свойствах материала. В табл. 3, приведены значения τ_B , число циклов до разрушения N при усталостных испытаниях и σ_{-0} на базе 10 млн циклов для новых и восстановленных болтов как непосредственно после наплавки, так и после отпуска при 500 °С в течение 1 ч. Здесь же указана величина суммы главных макронапряжений ($\sigma_1 + \sigma_2$), определенных рентгеновским методом по известной методике.

Таблица 3

Механические свойства болтов и внутренние напряжения после наплавки (электрод Нп-30 ХГСА)

Образец	τ_B , МПа	$N \cdot 10^6$	σ_{-0} , МПа	$(\sigma_1 + \sigma_2)$, МПа
Серийный	347	2,84	156	0
I	348	2,52	134	- 338
2	393	2,17	-	- 604
3	355	1,85	-	-
4	373	1,49	-	-
I + отпуск	338	2,73	-	- 25

ПРИМЕЧАНИЕ: номера в графе "образец" соответствуют варианту наплавки (табл. 1); τ_B определялось как среднее из 5-7, N и σ_{-0} как среднее из 10 испытаний для каждого варианта; прочерки означают, что указанные характеристики не определялись.

Из таблицы следует, что наиболее близкие значения механических свойств по сравнению с исходным состоянием достигаются после наплавки в воздушной среде с охлаждением на воздухе как непосредственно после наплавки (вариант I), так и после отпуска (I + отпуск).

Важно подчеркнуть, что наплавка приводит к возникновению сжимающих напряжений. Поэтому, учитывая незначительное повышение числа циклов до разрушения после отпуска (всего на 4 %) и лишние затраты на проведение термообработки, к практическому опробованию рекомендован режим I без отпуска. Эксплуатационные испытания, начатые в марте 1991 г., показали работоспособность восстановленных болтов. На сегодняшний день автобусы прошли более 70 тыс. км. Эксплуатационные испытания продолжаются.

Технология восстановления колесных болтов передана Артемовскому авторемонтному заводу и внедрена в производство. Восстановление одного болта дает экономию 2,79 р. при стоимости нового 3,97 р. При годовой программе ремонта задних мостов 1719 штук, учитывая, что восстановлению подлежат 69% болтов, реальный экономический эффект составляет 66184 р. (все цифры приведены в ценах на 1.01.91 г.).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Учитывая небольшой диаметр детали, условия ее работы, величину износа, требования к свойствам, а также экономические соображения/высокую производительность, простоту и возможность применения на любом авторемонтном предприятии/, для восстановления колесных болтов выбран метод вибродуговой наплавки.

2. Показано, что в условиях кратковременности процесса наплавки на формирование структуры наплавленного металла определяющее влияние оказывает дендритная ликвация при кристаллизации, вызывающая образование в наплавленном металле зон, обедненных и обогащенных углеродом, что затрудняет получение однородных структур непосредственно после наплавки и должно учитываться при выборе металла электрода.

3. На основании анализа термокинетических диаграмм с учетом

влияния термического цикла сварки и явления дендритной ликвации сформулирован подход к выбору материала электрода и условий охлаждения для получения наиболее однородной структуры и требуемых свойств наплавленного металла и ЗТВ.

4. Наиболее однородная бейнитная структура с небольшим количеством избыточного феррита и продуктов диффузионного распада получается при наплавке проволокой Нп-30 ХГСА в воздушной среде с охлаждением на воздухе. Оптимальные режимы: сила тока 70-110 А, напряжение 16-18 В, шаг наплавки 2-2,5 мм/об, число оборотов 4-4,5 об/мин, скорость подачи проволоки 0,79 м/мин, наплавка при обратной полярности.

5. Наплавка с указанными параметрами обеспечивает незначительный нагрев /не более 320°C/ и неизменность свойств основного металла, малую ширину ЗТВ /1,2 мм/, получение в наплавленном металле механических свойств, близких к свойствам исходного металла /значения в скобках/: HV 330-360/330-365/, $\sigma_B = 343/347$ МПа, число циклов до разрушения $2,52 \cdot 10^6/2,84 \cdot 10^6$ /, $\sigma_{-1} = 134/156$ МПа. Снижение σ_{-1} по сравнению с исходным материалом не превышает 14%, что укладывается в допускаемые величины / до 20 %/.

6. При наплавке по рекомендованным режимам в детали возникают сжимающие напряжения, величина которых составляет 333 МПа, отпуск после наплавки при 500°C в течение 1ч. вызывает незначительное изменение свойств /HV 305-330, $\sigma_B = 340$ МПа, $N = 2,73 \cdot 10^6$ /и снимает внутренние напряжения.

7. Учитывая лишние затраты на проведение отпуска, сжимающий характер напряжений и удовлетворительные свойства, полученные на болтах непосредственно после наплавки /число циклов до разрушения по сравнению с состоянием без отпуска растет всего на 4 %/ для внедрения в практику рекомендован режим наплавки проволокой Нп-30ХГСА в воздушной среде с охлаждением на воздухе без последующей термической обработки.

8. Восстановленные болты прошли успешную эксплуатационную проверку. Технологический процесс восстановления колесных болтов внедрен на Артемовском авторемонтном заводе с экономическим эффектом 66,184 тыс. руб. / в старых ценах / при годовой программе 23722 штук.

Основные положения диссертации опубликованы
в следующих работах

1. Роблес Х.А. Разработка способа восстановления болтов крепления колес заднего моста автобусов "ЛАЗ" модели 008.000 // Тез. докл. областной конф. "Достижения ученых - народному хозяйству" . - Харьков, 1990. - с.262 - 263.
2. Дьяченко С.С., Роблес Х.А. Восстановление колесных болтов заднего моста автобусов "ЛАЗ" вибродуговой наплавкой. //Тез. докл. IV Украинской республиканской научн. - техн. конф. "Современные методы наплавки, упрочняющие защитные покрытия и используемые материалы". - Харьков, 1990. - с. 89 - 90.

Ответственный за выпуск к.т.н. Золотко В.А.

Золотко

Подп. к печ. *18.11.92.* Формат 60×84¹/₁₆. Бумяга тип. Печать офсетная. Усл. печ. л. *1,0*
Уч.-изд. л. *1,0* Тираж *100* экз. Зак. № *4053* Бесплатно.

Харьковское межвузовское арендное полиграфическое предприятие.
310093, Харьков, ул. Свердлова, 115.

469173

AB 26.249

AB 26.249