

УДК 621.9.048

СТРУКТУРНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ В СТАЛИ 20ГЛ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ

Рахадиллов Б.К., Байжан Д.Р., Сагдолдина Ж.Б., Кенесбеков А.Б.

Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

Настоящая работа посвящена исследованию влияния процесса электролитно-плазменной поверхностной закалки на структуру и свойства стали марки 20ГЛ, которая используется для подготовки изделий железнодорожного транспорта (балка надрессорная и рама боковая). Процесс электролитно-плазменной поверхностной закалки проведен в электролите из водного раствора 20 % карбоната натрия в следующем режиме: подаваемое напряжение между анодом и образцом при нагреве до температуры закалки – 320 В, время нагрева электролитно-плазменным воздействием – 2 с и 3 с, при этом образцы нагревались до ~850 °С. Результаты исследования структуры образца показали линии α -фазы и слабые рефлексы цементита и оксида. Толщина модифицированного слоя составляла 500–550 мкм. Результаты исследования механических свойств образца показали небольшое увеличение микротвердости и значительное увеличение износостойкости образца стали 20ГЛ после обработки.

ВВЕДЕНИЕ

Электролитно-плазменная поверхностная закалка (ЭППЗ) основана на использовании высоко температурного воздействия искровых разрядов, происходящих вблизи поверхности обрабатываемого изделия, погруженного в ванну с электролитом. При пропускании электрического тока через электролит на поверхности катода, которым служит обрабатываемое изделие, образуется тонкий слой плазмы, где происходит преобразование электрической энергии в тепло [1–4]. При этом закалка производится путем периодического нагрева и охлаждения поверхности обрабатываемого изделия за счет изменения электрического потенциала в слое плазмы, создаваемом между электродами (катод – погруженный в электролит образец, анод – металлический корпус рабочей ванны) [5]. Основными достоинствами ЭППЗ являются: эффективность поверхностного упрочнения, значительная глубина упрочненных слоев достигает до 10 мм [6], экологическая безопасность, связанная с возможностью реализации процесса без использования токсичных электролитов и соединений (нейтральные слабые водные растворы солей и кальцинированной соды), которые не требуют специальных очистных сооружений для их утилизации [7].

Объект исследования: структура и свойства стали 20ГЛ до и после электролитно-плазменной закалки поверхности (ЭППЗ).

Цель работы: исследование влияния процесса ЭППЗ на микроструктуру и механические свойства стали марки 20ГЛ.

Актуальность проблемы: исследованию влияния процесса ЭППЗ на структуру и свойства стали марки 20ГЛ, которая используется для подготовки изделий железнодорожного транспорта (балка надрессорная и рама боковая), выпускаемых на АО «Востокмашзавод», Казахстан, г. Усть-Каменогорск. В условиях высокого нагружения, при больших скоростях движения железнодорожных составов, а также

в холодных климатических районах требуется улучшение известных значений свойств, регламентируемых ГОСТ-32400\2013. В связи с этим изучение особенностей изменения структуры и механических свойств стали 20ГЛ после ЭППЗ представляет большой научный и практический интерес.

Новизна: предлагается создание ресурсосберегающей технологии электролитно-плазменной поверхностной закалки изделий железнодорожного транспорта (балка надрессорная и рама боковая), обеспечивающей повышения твердости, износостойкости и прочностных характеристик рабочей поверхности.

Практическая ценность: внедрение способа ЭППЗ, увеличивающего долговечность деталей (балка надрессорная и рама боковая), в машиностроительное производство приводит к снижению амортизационных затрат.

Результат: исследования механических свойств образца показали небольшое увеличение микротвердости, но значительное увеличение прочностных характеристик образца стали 20ГЛ после ЭППЗ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы для исследования были вырезаны из изделий в виде параллелепипедов с размерами $8 \times 20 \times 20$ мм³, подвергнутых термообработке в заводских условиях. Обрезку образцов проводили алмазным диском толщиной в 1 мм, который был погружен в охлаждающую жидкость. ЭППЗ образцов стальной выполнили на установке электролитно-плазменной обработки. Процесс ЭППЗ проводили в электролите из водного раствора 20 % карбоната натрия в следующем режиме: подаваемое напряжение между анодом и образцом при нагреве до температуры закалки 320 В, время нагрева электролитно-плазменным воздействием 2 и 3 секунды, при этом образцы нагревались до ~850 °С.

Поперечное сечение обработанного образца стали марки 20ГЛ было изучено на оптическом микроскопе «ММР-4». Перед исследованием образцы были отшлифованы и отполированы. Для выявления

границ зерен и частиц карбидных фаз было применено химическое травление шлифов в 4 % спиртовом растворе азотной кислоты (время травления 5–7 с).

Рентгенофазное исследование образцов проводили на дифрактометре X'PertPRO. Съемку дифрактограмм проводили с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения ($\lambda=2,2897 \text{ \AA}$) при напряжении 40 кВ. Расшифровка дифрактограмм проводилась вручную с использованием стандартных методик и базы данных PDF-4, а количественный анализ выполнялся с помощью программы PowderCell.

Измерение микротвердости образцов сталей проводили на приборе ПМТ-3М при нагрузке на индентор $P=1 \text{ Н}$ и времени выдержки при этой нагрузке 10 с по методу Виккерса. Трибологическое испытание на трение скольжения проводили на высокотемпературном трибометре ТНТ-S-BE-0000 с использованием стандартной методики «шар-диск». В качестве контртела использовали шарик диаметром 6 мм, из сертифицированного материала – Al_2O_3 . Испытания проводили при комнатной температуре и при нагрузке 1 Н с линейной скоростью 2 см/сек и радиусом кривизны износа 5 мм, путь трения составлял 31,4 м. Испытание образцов на абразивное изнашивание проводили на экспериментальной установке для испытаний на абразивное изнашивание при трении о не жестко закрепленные частицы абразива по схеме «вращающийся ролик – плоская поверхность». Для тестирования абразивного истирания на резиновом круге, поверхности образцов были отшлифованы и отполированы, так же они были очищены с помощью ацетона и высушены. Цилиндрический резиновый ролик, прижатый радиальной поверхностью к плоской поверхности исследуемого образца с усилием 22 Н, вращался с частотой 1 с^{-1} . Скорость поступления абразивных частиц между резиновым колесом и образцом, то есть в зону испытания составила 41–42 г/мин. В качестве абразивных частиц использовался электрокорунд зернистостью 200–250 мкм. Износостойкость испытуемого обработанного образца оценивалась путем сравнения его износа с износом эталонного образца (не обработанного образца). Износ измеряли весовым методом на

аналитических весах АДВ-200 с точностью до 0,0001 г. Образцы взвешивались каждую минуту и тестировались в течение трех минут, длина всего износа составляла 28,8 м. Перед взвешиванием образцы обдувались с помощью сжатого воздуха для удаления оставшихся частиц песка на пробах. Износостойкость испытуемого материала оценивали по убыли массы образцов за время испытания согласно ГОСТ-23.208-79.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 показана микроструктура поперечного сечения стали 20ГЛ после ЭППЗ. Толщина модифицированного слоя примерно составляет 500–550 мкм. Микроструктуру условно можно разделить на 3 зоны: 1 – зона интенсивных структурных превращений, закаленный слой; 2 – зона термического влияния; 3 – зона, имеющая структуру исходной матрицы. В переходной зоне представлена более мелкозернистая структура, характерная для зоны термического влияния, по сравнению с крупно зернистой структурой матрицы.

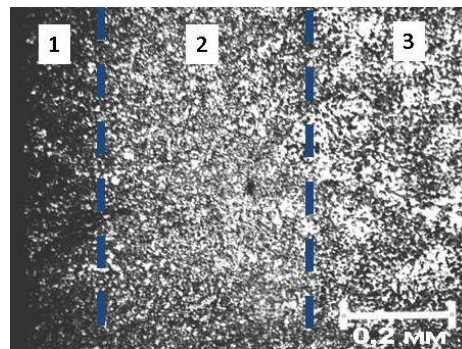


Рисунок 1. Микроструктура поперечного сечения сталей 20ГЛ после ЭППЗ с продолжительностью нагрева 2 с

На рисунке 2 представлены дифрактограммы исходной (после стандартной термической обработки) стали 20ГЛ до и после ЭППЗ. Рентгенофазный анализ показал, что на дифрактограммах присутствуют линии α -фазы и слабые рефлексы цементита и оксида. Изменение относительной интенсивности линии (110) после ЭППЗ свидетельствует об изменении механизмов кристаллизации и размера кристаллов.

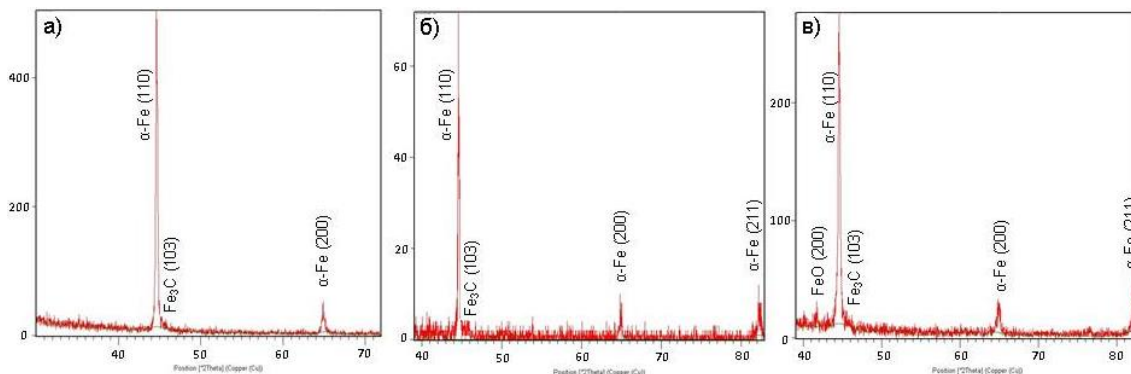


Рисунок 2. Дифрактограмма стали 20ГЛ до (а) и после ЭППЗ с продолжительностью нагрева 2 с (б) и 3 с (в)

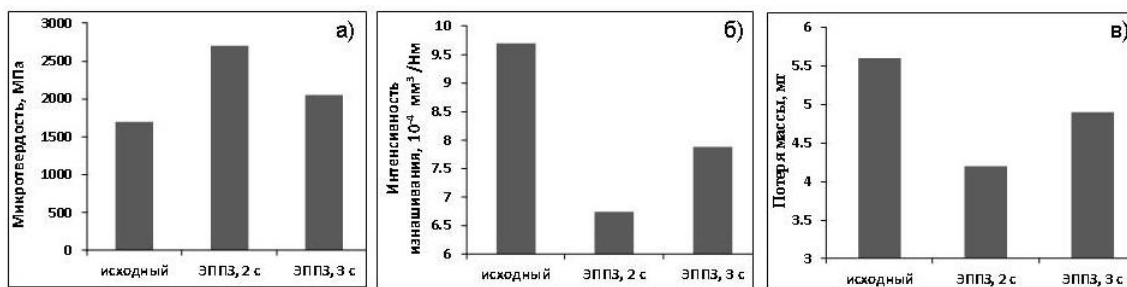


Рисунок 3. Результаты исследования механических свойств стали 20ГЛ: микротвердость (а); интенсивность изнашивания (б); абразивный износ (в)

Для выяснения влияния структурных превращений поверхности после ЭППЗ на механические свойства стали 20ГЛ были определены микротвердость и износостойкость образцов (рисунок 3). На рисунке 4, а приведена зависимость значений микротвердости от продолжительности воздействия ЭППЗ. Микротвердость образца после ЭППЗ увеличивается. Однако наблюдается некоторое различие в изменении твердости образцов, обработанных разное время нагрева. Значительный рост микротвердости образца после ЭППЗ в течение 2 с может быть связан с измельчением блоков внутри зерна аустенита.

На рисунке 3, б показана интенсивность изнашивания образцов до и после ЭППЗ. Видно, что обработанные образцы показывают значительное снижение интенсивности изнашивания по сравнению с исходным образцом, которые указывает на значительное повышение износостойкости стали. Результаты испытания образцов на абразивный износ охарактеризовали потерю массы образцов после испытания. Потеря массы упрочненных образцов меньше, чем неупрочненного образца, что указывает на повышение стойкости абразивному износу стали 20ГЛ пос-

ле ЭППЗ. Таким образом, результаты исследования механических свойств образца показали небольшое увеличение микротвердости, но значительное увеличение износостойкости образца после ЭППЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлено, что после ЭППЗ микроструктура поперечного сечения сталей 20ГЛ состоит из 3 зон: 1 – зона интенсивных структурных превращений, закаленный слой; 2 – зона термического влияния; 3 – зона, имеющая структуру исходной матрицы. Толщина модифицированного слоя примерно составляет 500–550 мкм;

2. Рентгенофазный анализ показал, что на дифрактограммах присутствуют линии α -фазы и слабые рефлексы цементита и оксида. Значительное снижение интенсивности линии (110) α -фазы после ЭППЗ с продолжительностью нагрева 2 с может быть связано с измельчением блоков внутри зерна аустенита;

3. Результаты исследования механических свойств образца показали небольшое увеличение микротвердости, но значительное увеличение износостойкости образца стали 20ГЛ после ЭППЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов ГОСТ 3240-2013 – 2014. – Введ. 2014-01-07. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2014. – 50 с.:ил.
2. Ясногородский Я.З. Автоматический нагрев в электролите. – М.: Изд. Оборонгиз, 1947. – 24 с.
3. Дураджи В.Н., Парсаданян А.С., Нагрев металлов в электролитной плазме. – Кишинев: Изд. Штиинца, 1988. – 214 с.
4. Белкин П.Н. Электрохимико – термическая обработка металлов и сплавов. – М.: Изд. Мир, 2005. – 336 с.
5. Черненко В.И., Снежко Л.А., Папанова И.И., Литовченко К.И. Теория и технология анодных процессов при высоких напряжениях. – Киев: Изд. Наукова думка, 1995. – 196 с.
6. Тюрин Ю.Н., Погребняк А.Д. Особенности электролитно-плазменной закалки (ЭПЗ) // Журнал технической физики. – 2002. – Т. 72. – №11. – С.119-120.
7. Tyurin Yu.N, Pogrebnyak A.D. Electric heating using a liquid electrode // Surf. and Coat. Tech. 2001. V. 142–144. P. 293– 299.

20ГЛ БОЛАТЫНЫҢ ЭЛЕКТРОЛИТТИ-ПЛАЗМАЛЫҚ БЕТТІК ШЫНЫҚТЫРУДАН КЕЙІНГІ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ӨЗГЕРІСІ

Б.К. Рахадиллов, Д.Р. Байжан, Ж.Б. Сагдолдина, А.Б. Кенесбеков

С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Мемлекеттік университеті, Өскемен, Қазақстан

Бұл жұмыс теміржол көлігі өнімдерін (ресор астындағы валдарын және бүйірлік жақтауын) дайындау үшін пайдаланылатын 20ГЛ болаттың құрылымы мен қасиеттеріне электролит-плазмалық беттік шынықтандыру (ЭПБШ) процесінің әсерін зерттеуге арналған. ЭПБШ үдерісін электролитте 20 % натрий карбонатының су ерітіндісінде келесі режимде жүргізілді: шынықтыру температурасына дейін қыздыру кезінде үлгі және анод арасында берілетін кернеу – 320 В, электролитті-плазмалық әрекеттесумен қыздыру уақыты 2–3 секунд, бұл кезде үлгілер сәйкесінше ~850 °С дейін қызды. Үлгілердің құрылымын зерттеу нәтижесі α фаза мен цементит пен оксидтің әлсіз рефлекстері бар екенін көрсетті. Модификацияланған қабаттың қалыңдығы шамамен 500–550 мкм. 20ГЛ болат үлгісінің кейінге механикалық қасиеттерін зерттеу нәтижелері микроаттылықты аздап ұлғайғанын және қажалуға төзімділік қасиетінің айтарлықтай өсуі байқалды.

STRUCTURAL TRANSFORMATION IN THE STEEL 20GL AFTER ELECTROLYTE PLASMA SURFACE HARDENING

B.K. Rakhadilov, D.R. Baizhan, Zh.B. Sagdoldina, A.B. Kenesbekov

S. Amanzholov East Kazakhstan State University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

The present work is devoted to the investigation of the effect of the electrolyte-plasma surface hardening process on the structure and properties of 20GL steel used for the preparation of railroad products (the supertor bar and the side frame). The electrolyte-plasma surface hardening process was carried out in an electrolyte from an aqueous solution of 20% sodium carbonate in the following mode: the applied voltage between the anode and the sample when heated to a quenching temperature of 320 V, the heating time by electrolytic-plasma exposure of 2 s and 3 s, ~ 850 °C. The results of a study of the structure of the sample showed the lines of the α phase and the weak reflexes of cementite and oxide. The thickness of the modified layer was 500–550 μm. The results of the study of the mechanical properties of the sample showed a slight increase in the microhardness, but a significant increase in wear resistance of the 20GL steel sample after treatment.