

УДК 621.791.754.5

Л 33

Ю.М. Лебедев, проф., д-р техн. наук;

В.А. Мартыненко, ассист. каф. сварочного производства

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Yu Zhishui, prof.

Jiangsu University of Science & Technology, Джень Дзян, КНР

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПЛАВЯЩЕГОСЯ ВОЛЬФРАМОВОГО ЭЛЕКТРОДА В СРЕДЕ АРГОНА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Выполнены исследования структурных превращений и геометрических характеристик зоны упрочнения при поверхностной обработке неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона. Рассмотрено влияние длины дуги на геометрические характеристики зоны упрочнения.

Виконано дослідження структурних перетворень і геометричних характеристик зони зміцнення при поверхневій обробці неплавким вольфрамовим електродом у середовищі аргону. Розглянуто вплив довжини дуги на геометричні характеристики зони зміцнення.

Researches on structural transformations and geometrical characteristics of strengthening area under surface treatment by nonconsumable tungsten electrode in argon media were carried on. Correlation of arc length on geometrical characteristics of strengthening area was studied.

Постановка проблемы. Повышение работоспособности деталей машин и конструкций является основополагающей тенденцией научно-технического прогресса. Украина, как страна, идущая по пути развития экономики, крайне заинтересована в широком использовании эффективных ресурсосберегающих технологий.

В частности, в условиях абразивного изнашивания деталей повышение их работоспособности достигается нанесением на поверхность специальных износостойких покрытий или созданием поверхностных слоев стали с заданными свойствами [3]. Например, одним из простых способов повышения износостойкости является поверхностная закалка. Традиционно для закалки рабочих поверхностей деталей машин используют нагрев металла токами высокой частоты с последующим быстрым охлаждением. При этом для низколегированных низкоуглеродистых конструкционных сталей добиться существенного повышения твердости поверхностных слоев не удастся из-за высоких значений критических скоростей охлаждения. В связи с этим для закалки целесообразно использовать локальные источники нагрева [2, 4, 5]. Эффективность таких источников для поверхностного упрочнения

сталей с высокой прокаливаемостью подтверждается мировой практикой и представляет несомненный научный и практический интерес.

Цель настоящей работы – повышение эксплуатационных свойств деталей, подверженных абразивному изнашиванию, путем поверхностной обработки дугой с неплавящимся электродом.

Основная часть. В качестве источника нагрева для исследований поверхностного упрочнения была выбрана дуга с неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона.

Простейшим методом получения сплошного слоя упрочненной поверхности при прогреве без расплавления дугой с неплавящимся электродом для плоских деталей и конструкций является поочередный прогрев отдельными полосами с перекрытием. Однако при таком нагревании получение равномерной твердости по всей поверхности проблематично. Этому препятствует отпуск мартенсита, полученного от предыдущего нагрева. За максимально возможную температуру при промежуточных нагревах можно принять T_{50M} , что обеспечивает получение структуры с 50 % мартенсита. Значения этой температуры для рассмотренных сталей и погонных энергий прогрева рассчитаны по формулам, приведенным в работе [7].

Существенное уменьшение твердости мартенсита при отпуске начинается уже с температуры выше 300 °С и зависит как от времени нагрева, так и от характера и степени легирования упрочненных сталей. Поэтому исследование особенностей указанного разупрочнения от влияния тепла при формировании следующих упрочняющих полос целесообразно проводить на нелегированной среднеуглеродистой стали. В данном случае была выбрана нелегированная сталь 45. Поверхностное упрочнение осуществлялось прогревами плоской поверхности планки размером 100x200 мм и толщиной 30 мм вольфрамовым электродом в среде аргона на режиме: $I_n = 170$ А; $U_d = 19,5$ В; $v = 80$ м/ч – при длине дуги 8 мм. Упрочнение осуществлялось непрерывно прогревами четырех-пяти полос с шагом около 3 мм без искусственного охлаждения, с последующими перерывами для остывания планки до температуры немного ниже 100 °С. После прогрева по всей поверхности из планки поперек направления прогрева был вырезан образец для металлографического анализа (рис. 1).

На макрошлифе образца четко виден упрочненный слой толщиной около 0,6 мм с чередующимися темными и светлыми полосами. Светлые полосы состоят из мартенсита, практически не подвергнутого разупрочнению, а темные представляют собой мартенсит отпуска. Распределение микротвердости по глубине и по ширине прогретого слоя показано на рис. 2.

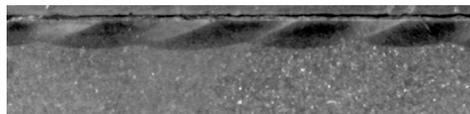


Рис. 1. Макрошлиф стали 45 после поверхностного упрочнения прогревом одиночными полосами; х6

Измерение твердости по глубине упрочненной пластины проводилось в светлой полосе, которая представляет собой низкоотпущенный мартенсит. Из рис. 2,*а* следует, что микротвердость поверхностного слоя на глубине до 0,6 мм практически постоянная и составляет 550...580 HV. Далее происходит снижение микротвердости, и на глубине около 1 мм ее значение приблизительно 350 HV.

Измерение микротвердости по ширине упрочненного слоя производилось в направлении, перпендикулярном направлению полос прогрева. Рис. 2,*б* демонстрирует пилообразный характер изменения микротвердости: от максимального значения около 600 HV на глубине до 0,6 мм она резко падает, а потом плавно возрастает до следующего максимального значения. Расстояние между максимумами составляет около 6 мм. Участок с твердостью ниже 450 HV равен величине выбранного шага упрочнения 3 мм, а минимальное значение микротвердости в упрочненном слое составляет 350 HV. Такое распределение твердости связано с неудачным выбором шага упрочнения, т. е. происходит отпуск прежде прогретых проходов следующими. Таким образом, при шаге упрочнения 3 мм расстояние между максимумами твердости составляет 6 мм, а ширина зоны отпуска – приблизительно 2,5 мм; значит, более рациональным является выбор шага 5 мм.

В большинстве таких случаев можно рекомендовать упрочнение с перекрытием зоны термического влияния на 50 %, чтобы зона отпуска возникла в середине закаленной зоны, где твердость максимальная, тогда отпуск будет происходить от максимальной твердости и результирующая твер-

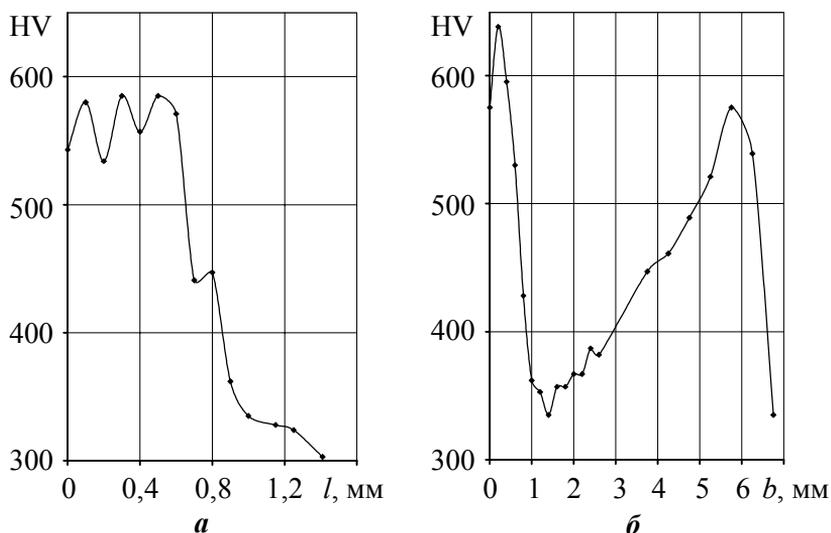


Рис. 2. Изменение микротвердости упрочненного слоя пластины из стали 45:

a – по глубине; *б* – по ширине

дость увеличится. Характерный вид микроструктур, расположенных по глубине однократно прогретого слоя стали 45, представлен на рис. 3.

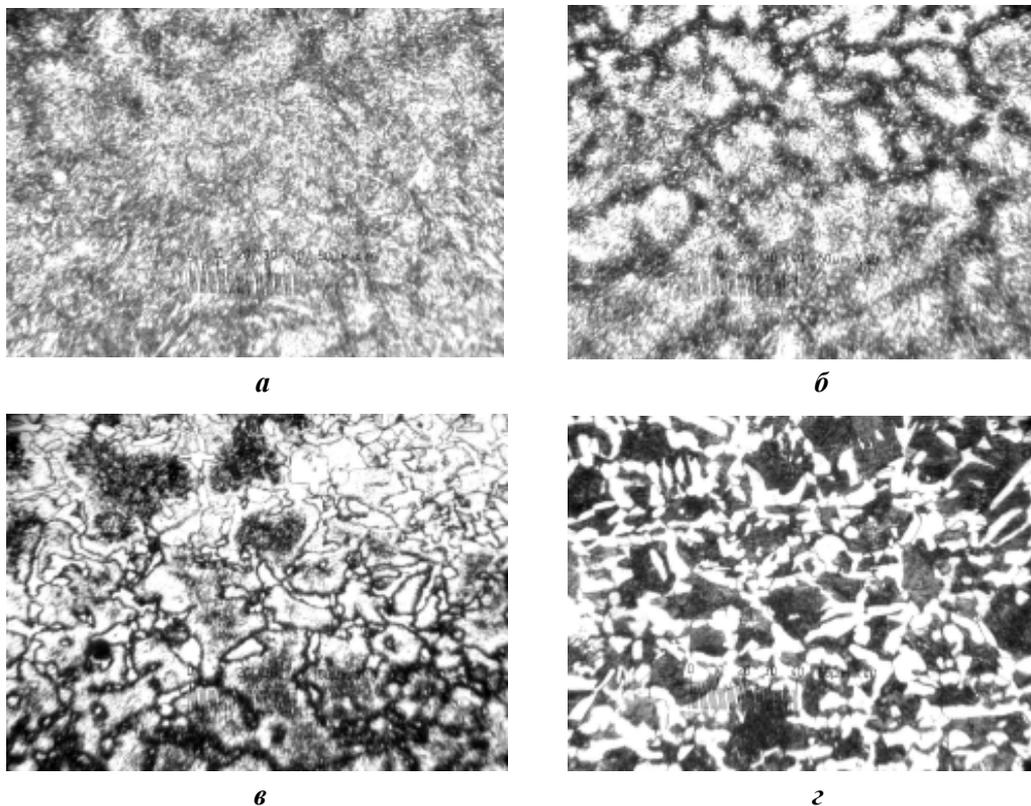


Рис. 3. Микроструктура поверхностного слоя стали 45 после прогрева без расплавления дугowym разрядом с неплавящимся электродом (х300):

а – зона около поверхности; *б* – переходная зона упрочненного слоя;
в – зона перехода к структуре основного металла; *г* – структура основного металла

Необходимо добавить, что в ряде случаев такое пилообразное распределение твердости полезно: для пар трения, например, какого-либо плунжера, который передвигается в гильзе, или подшипника скольжения с валом чередование мягких полос металла с твердыми значительно повышает маслостойкость поверхностей и снижает коэффициент трения между ними вследствие уменьшения поверхности контакта. Для таких деталей, как лемех плуга, ножи, прокатные валки, более целесообразна упрочненная поверхность с однородной твердостью со значениями, близкими к максимально возможным.

Выполненные исследования показали, что более равномерного распределения твердости в поперечном сечении относительно полос прогрева можно достичь увеличением шага прогрева или ширины прогреваемых полос.

Одним из средств улучшения геометрических характеристик поверхности наряду с магнитным сканированием дуги является варьирование длины дугового промежутка при аргонодуговой обработке. Так, на рис. 4 представлен макрошлиф поверхности прогретой стали по режиму: $I_d = 180$ А; $U_d = 48$ м/ч; $U_{x.x} = 72$ В, во время обработки которой изменялась длина дугового промежутка от 5 до 16 мм.

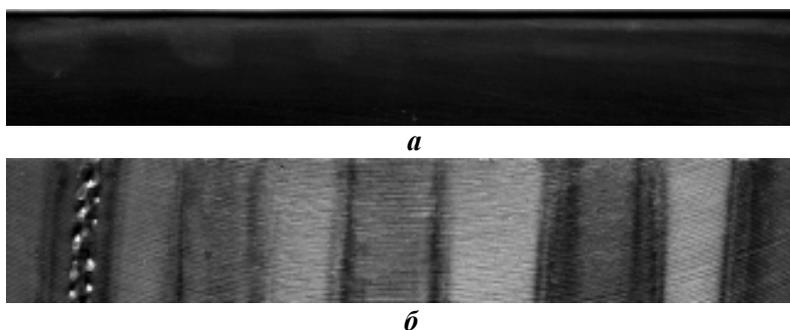


Рис. 4. Образец стали 45, обработанный по режиму:

$$I_d = 180 \text{ А}; U_d = 48 \text{ м/ч};$$

a – макрошлиф прогретой стали (x2,5 по ширине, x10 по высоте); *б* – внешний вид прогретой поверхности

Зависимость ширины и глубины упрочненной зоны от длины дуги представлена на рис. 5, *a*. Отмечена почти прямо пропорциональная зависимость ширины прогретой зоны от длины дуги, которую можно объяснить увеличением погонной энергии дуги: при постоянной скорости продольного пе-

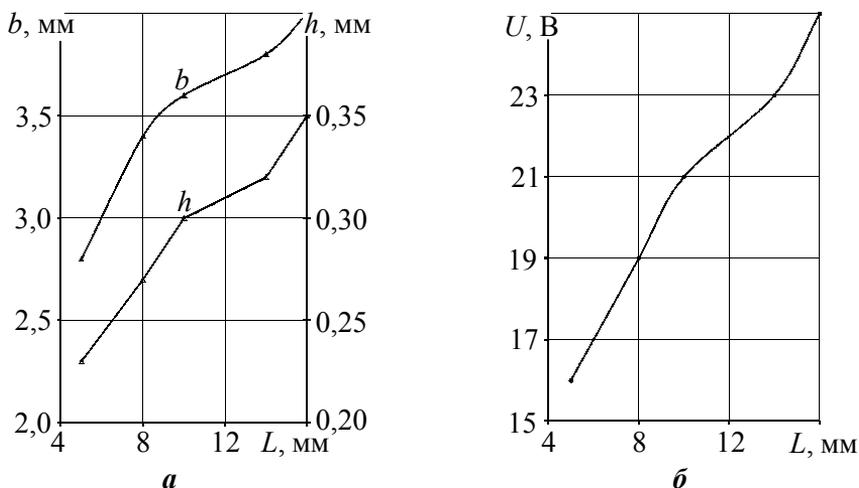


Рис. 5. Кривые зависимости геометрических характеристик зон нагрева и падения напряжения от длины дуги:

a – ширина и глубина упрочненной зоны; *б* – падение напряжения на дуге

ремещения и постоянном токе по мере увеличения дугового промежутка возрастает падение напряжения на дуге (рис. 5,б).

Следует отметить, что длина дуги, горящей в среде аргона, в три раза больше, чем при обработке угольным электродом, что выгодно с точки зрения сканирования магнитным полем. Это подтверждает формула [1]

$$\sin \alpha = K \frac{H_{\max} l_0}{I_d} \sin \omega t,$$

где l_0 – длина столба дуги при асимметричном расположении катодного и анодного пятен; α – угол отклонения оси столба от оси влияния поперечного магнитного поля; H_{\max} – напряженность поперечного поля; I_d – сила тока; K – коэффициент пропорциональности.

Из формулы следует, что при увеличении длины дугового промежутка возрастает угол отклонения столба дуги в поперечном магнитном поле. Кроме того, большие плотности тока при упрочнении в среде аргона и обдув столба дуги струей газа увеличивают значение критического угла отклонения дуги, т. е. имеют стабилизирующее воздействие.

Таким образом, технологические характеристики прогрева сталей дугой с вольфрамовым электродом приемлемы с точки зрения поверхностного упрочнения. Из результатов опыта следует, что при максимальной длине дуги упрочненная зона расширяется в 1,5 раза. Если применить сканирование магнитным полем [6], то в соответствии с описанными выше исследованиями зона упрочнения должна расширяться еще в 2,1 раза, т. е. ширина закаленной полосы в сравнении с одним проходом угольным электродом будет в 3,15 раза больше; отсюда повышение производительности процесса и улучшение условий образования мартенситных структур, меньшее время пребывания в области высоких температур.

Выводы. 1. При аргонодуговой обработке без расплавления стали 45 микротвердость носит пилообразный характер. Максимальное значение 600 HV на глубине до 0,6 мм резко падает, а затем плавно возрастает до следующего максимального значения. Расстояние между максимумами микротвердости составляет около 6 мм. 2. Равномерное распределение твердости в упрочненной зоне, в поперечном сечении полос прогрева, достигается увеличением шага прогрева или ширины прогреваемых полос. 3. Отмеченную почти прямо пропорциональную зависимость глубины и ширины прогретой зоны от длины дуги можно объяснить увеличением погонной энергии дуги: при постоянной скорости продольного перемещения и постоянном токе по мере увеличения дугового промежутка возрастает падение напряжения на дуге.

Список использованной литературы. 1. Бачелис И.А. О расчете отклонения сварочной дуги в постоянном поперечном магнитном поле // Сварочное производство. – 1963. – № 7. – С. 8–10. 2. Бондаренко Л.И., Пузрин Л.Г. Аргонодуговая поверхностная закалка как средство упрочнения артиллерийских стволов // Автоматическая сварка. – 2000. – № 2. – С. 36–38. 3. Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А.Н. Технология упрочнения машиностроительных материалов: Учеб. пособие-справочник / Под ред. В.Д. Евдокимова. – 2-е изд. – К.: ИД "Профессионал", 2006. – 352 с. 4. Кайдалов А.А. Электронно-лучевая закалка поверхностей металлов // Сварщик. – 1999. – № 3. – С. 14–15. 5. Коротков В.А., Трошин П.С., Бердников А.А. Плазменная закалка сканируемой дугой без оплавления поверхности // Физика и химия обработки материалов. – 1995. – № 2. – С. 101–106. 6. Лебедев Ю.М., Мартыненко В.А. Технологические особенности поверхностного упрочнения сталей дугой с неплавящимся электродом, сканируемой магнитным полем // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2006. – № 4 (409). – С. 96–104. 7. Махненко В.И. К расчету температурного поля при наплавке круговых цилиндров // Автоматическая сварка. – 1961. – № 12. – С. 34–39.

Поступила в редколлегию 23.05.07

УДК 669.018.2

Л 33

Н.Ю. Лебедева, канд. техн. наук, доц. каф. материаловедения и технологии металлов

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ И ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МАРГАНЦЕВО-МЕДНЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ЛИТЬЯ, ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Исследовано влияние термической обработки на структурные изменения и демпфирующую способность марганцево-медных сплавов с содержанием марганца 60 и 80 % в состоянии после литья,ковки. Показана целесообразность применения биметаллических соединений сталь–марганцево-медный сплав как вибропоглощающего конструкционного материала.

Досліджено вплив термічної обробки на структурні зміни і демпфівальну здатність марганцево-мідних сплавів із вмістом марганцю 60 і 80 % в стані після лиття, кування. Показано доцільність застосування біметалевих з'єднань сталь–марганцево-мідний сплав як вібропоглинального конструкційного матеріалу.

The influence of thermal treatment on the structural alteration and damping capacity of copper-manganese alloys with the temper of manganese 60% and 80% in the post casting state