

2. Виноградов Г.В. Механизм сухого и граничного трения/Г.В. Виноградов. – М.: Машиностроение, 2004. – 357 с.
3. Взаємозалежність між структурним станом і зносостійкістю сталей для деталей скребкового конвеєра / Д.Б.Глушкова, В.П. Тарабанова, В.А. Бєлий, Д.А. Головченко // Наукові вісті НТУ України «КПІ». – 2013. - № 2. – С. 105-109.
4. Терао Н. Методы анализа поверхностей / Н. Терао; пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 582 с.
5. Присевок А.Ф. Упрочнение и восстановление быстроизнашивающихся деталей самофлюсующимися, твердыми сплавами / А.Ф. Присевок // Долговечность трущихся деталей машин: сб. статей, под ред. Д.Н. Гаркунова. – 2009. – Вып. 3. – С. 227-229.
6. Шахтные скребковые конвейеры / Г.В. Высоцкий и др. – Харьков, ХНАДУ, 2011. – 568 с.
7. Патент 13859 UA, 10.12. 2007. Спосіб обробки поверхонь пар тертя. / Д.Б. Глушкова, В.А. Білий, Л.Л. Костіна.

УДК 621.793

Глушкова Д.Б., Костина Л.Л., Рыжков Ю.В., Демченко С.В.
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМ БОРИРОВАНИИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Одним из способов улучшения эксплуатационных свойств поршневых колец из чугунов, подвергающихся износу, является борирование. Однако применение традиционных способов борирования, связанных с диффузией бора в твердую фазу, приводит к формированию рабочего слоя, обладающего высокой хрупкостью. Поэтому актуальной является проблема разработки другого способа упрочнения поверхности, не приводящего к охрупчиванию. Реализация такого процесса может быть осуществлена с использованием лазерного нагрева с оплавлением поверхностного слоя. Однако использование этого метода может быть предложено производству только после детального изучения взаимосвязи между параметрами проведения процесса и глубиной слоя, а также исследования особенностей структурообразования в специфических условиях лазерного борирования. Свойства изделия, на которое нанесен борированный слой, зависят от глубины последнего.

Анализ публикаций свидетельствует о том, что не разработаны методики повышения износостойкости поршневых колец путем борирования, проведенного не традиционным способом, а с использованием современных технологий. В источниках

[1–3] предлагается повышение долговечности или традиционным борированием, или лазерной обработкой. Однако отсутствует объединение этих двух технологических процессов.

Реализация такого процесса может быть осуществлена путем установления взаимосвязи между параметрами лазерного нагрева и глубиной борированного слоя.

Задачей настоящей работы было установление влияния параметров лазерного воздействия на глубину борированного слоя и выявление особенностей формирования структуры таких слоев.

2. Материал и методика эксперимента

Материалом исследования был высокопрочный чугун, содержащий C=3,47%, Si=2,15 %, Mn=1,36 %. После предварительной обработки он имел перлитно-ферритную структуру (85–90 % перлита). Размер шаровидного графита соответствует 3 баллу.

Лазерную обработку осуществляли на непрерывном CO₂-лазере. При постоянной мощности облучения варьировали скорость перемещения образца в пределах 2–4 мм/с. Толщина боросодержащей обмазки была 0,15 мм и 0,30 мм. Условная расфокусировка ($F_{\text{усл}}$) позволяла изменять

диаметр пятна облучения от 2 до 4мм. В качестве обмазки использовали смесь аморфного бора с ацетоном и цапон-лаком.

Структуру, фазовый состав, глубину борированного слоя изучали методом оптической микроскопии с использованием обычного и окрашивающего травления, и рентгеноструктурного анализа.

3. Результаты исследования и их обсуждение

С помощью травления 4%-ным раствором азотной кислоты, выявляющим структуру всего слоя, установлено, что изменение структуры металла в результате легирования бором происходит только в зоне оплавления. Изучение профиля границы зоны оплавления показывает, что более глубокое проплавление металлической матрицы происходит около графитных включений, что сообщает границе волнообразный характер.

На рис. 1 показана зависимость глубины борированного слоя от скорости перемещения образца для двух случаев – при толщине обмазки 0,15 и 0,30 мм (кривая 2 и 1 соответственно).

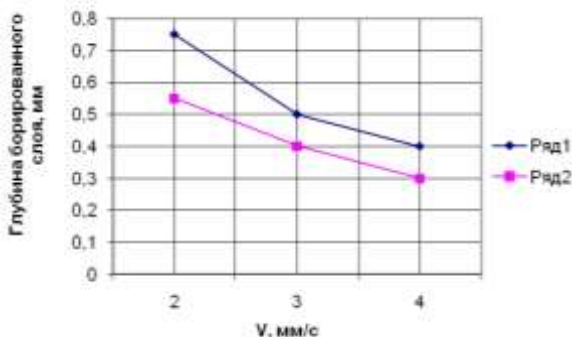


Рис. 1. Зависимость глубины борированного слоя от скорости перемещения образца:

1 – толщина обмазки 0,3 мм; 2 – толщина обмазки 0,15 мм

Из графика следует, что с увеличением скорости перемещения образца глубина борированного слоя уменьшается. Такая зависимость наблюдается как при толщине обмазки 0,15 мм, так и при толщине 0,30 мм. При всех скоростях перемещения образца для использованной боросодержащей обмазки с указанными толщинами большая толщина борированного

слоя и ЗТВ отвечает большей толщине обмазки.

На рис. 2 показана гистограмма глубины борированного слоя при толщине обмазки 0,3 мм и скорости перемещения образца 2 мм/с для диаметра пятна 2 и 4 мм, а на рис. 3 – такая же гистограмма в случае скорости перемещения 4 мм/с.

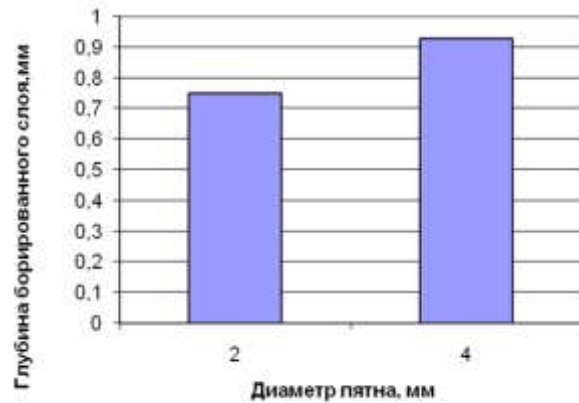


Рис. 2. Гистограмма глубины борированного слоя при толщине обмазки 0,3 мм и скорости перемещения образца 2 мм/с для разного диаметра пятна

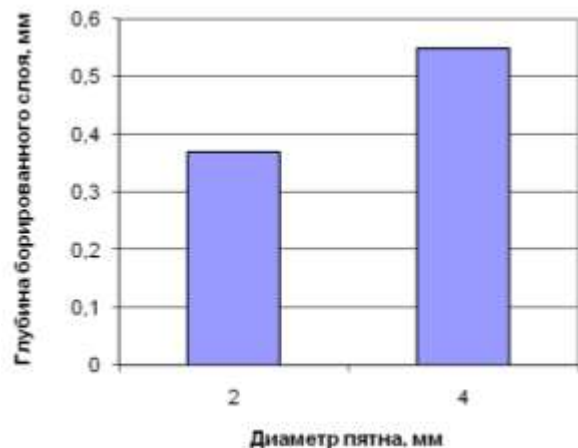


Рис. 3. Гистограмма глубины борированного слоя при толщине обмазки 0,3 мм и скорости перемещения образца 4 мм/с для разного диаметра пятна

Из представленных гистограмм следует, что варьирование условной расфокусировки, следствием чего является изменение диаметра пятна облучения, приводит к заметному изменению глубины слоя лазерного легирования. Так, уменьшение расфокусировки при прочих равных условиях, результатом чего есть уменьшение диаметра пятна, вызывает понижение глубины лазерного облучения.

Можно предположить, что полученный эффект обусловлен существенным ростом температуры поверхности, вызвавшим интенсивное испарение слоя обмазки и увеличением затраты энергии на испарение.

Рентгеноструктурный анализ показал, что борированный слой в высокопрочном чугуна содержит такие фазы, как FeV, Fe₂V, α-фазу, бороцементит Fe₃(B,C).

Сопоставление данных микроскопического и рентгеноструктурного анализов с диаграммами состояния Fe-V и Fe-Fe₂V-Fe₃C позволило установить, что эти фазы при кристаллизации расплава могут образовывать по всему объему оплавленного слоя различные структурные составляющие: смесь перитектического типа (FeV + Fe₂V), заэвтектические, эвтектические и доэвтектические структуры.

Дифференциация фаз в различных структурах проведена способом окрашивающего травления, анализом формы первичных кристаллов.

Избыточная α-фаза образуется из первичных кристаллов γ-фазы по мартенситному механизму. Бороцементит Fe₃(B,C) и бориды FeV, Fe₂V различаются металлографически – формой избыточных кристаллов и поведением при окрашивающем травлении.

Первичные кристаллы бороцементита представляют пластинчатые образования – плоские дендриты, которые в сечениях, перпендикулярных поверхностям, выявляются в виде тонких полосок.

В соответствии с тройной диаграммой бороцементит может образовываться не только непосредственной кристаллизацией из жидкого раствора, но также и в результате перитектического превращения [2].

Структурно-свободные кристаллы боридов Fe₂V наблюдаются в виде стерженьковых кристаллов, имеющих в поперечном сечении форму квадратов, ромбов, треугольников, т.е. всех возможных сечений тетрагональной призмы.

Эвтектические составляющие структур в борированном слое характеризуются определенным разнообразием строения и дисперсности.

Эвтектика в разных слоях и в пределах одного слоя отличается как разной дисперсностью, так и различным количественным соотношением между фазами.

Сравнение структур слоев с сопоставимыми глубинами иллюстрирует влияние толщины обмазки на структуру. Например, трехзонный слой с преобладанием эвтектической и доэвтектической структур может стать двухзонным с заэвтектической и эвтектической зонами и с преобладанием первой при изменении толщин обмазки от 0,3 до 0,15 мм.

С увеличением скорости облучения при прочих равных условиях обработки уменьшается глубина слоя, т.е. уменьшается объем ванны расплавленного металла, а следовательно, увеличивается количество растворенного в ней бора. Данные рентгеноструктурного и микроскопического анализов фиксируют изменение состава слоя. Рентгенографически это проявляется в увеличении интенсивности линий бороцементита с ростом скорости облучения, а микроструктурно – в увеличении доли высокобористых структур.

4. Выводы

1. Установлено, что при проведении лазерного борирования с увеличением скорости перемещения образца глубина борированного слоя уменьшается.
2. Построенные гистограммы глубины борированного слоя свидетельствуют об увеличении последнего с возрастанием диаметра пятна облучения от 2 до 4 мм.
3. Рентгенографически и металлографически выявлены фазы и структурные составляющие борированного слоя.
4. Установлено влияние толщины обмазки на структуру.
5. Рентгеноструктурным и микроструктурным анализом выявлена связь между скоростью облучения и долей высокобористых структур в слое.
6. Результаты исследований могут быть рекомендованы для внедрения их в производство не только поршневых колец, но и других деталей из высокопрочных чугунов, подвергающихся в процессе эксплуатации износу.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чернета О.Г. Формирование поверхностной структуры поршневых колец лазерным упрочнением / О.Г. Чернета,
2. Коробочка А.Н., Коржавин Ю.А. // Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века: Межд. сб.науч. тр. ДонГТУ. – 2000. – Вып. 5. – Т.3. – С. 248-251.
3. Технология конструкционных материалов и материаловедение / И.П. Гладкий, В.И. Мощенок, В.П. Тарабанова, Н.А. Лазарова, Д.Б. Глушкова. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 464 с.
4. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов / А.Г. Григорьянц. – М.: Машиностроение, 2009. – 272 с.
5. Матвеев Ю.И. Повышение долговечности деталей с использованием лазерной обработки / Ю.И. Матвеев. – Новгород, 2003. – 329 с.
6. Дзюба Ю.Н. Упрочнение изделий из высокопрочного чугуна / Ю.Н. Дзюба, А.П. Любченко, Д.Б. Глушкова, В.П. Тарабанова // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2003. – С. 72–74.
7. Любченко А.П. Влияние температуры отпуска после лазерной закалки на износостойкость поршневых колец / А.П. Любченко, Д.Б. Глушкова, В.П. Тарабанова // Науковий вісник будівництва. - 2011. – Вип.64. - С.407-412.
8. Чернета О.Г. Исследование физико-механических свойств поверхности поршневых колец, обработанных лазером / О.Г. Чернета, А.Н. Коробочка, Н.Н. Козина, А.М. Пустовойт // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Межд. сб. науч. трудов ДонГТУ. – 2001. - Вып. 18. – С.71-75.

УДК 539.3

Савін О.Б., Соболев В.М.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

ПОВЗУЧІСТЬ ТА ПОШКОДЖУВАНІСТЬ УЩІЛЬНЕНЬ З ПЛОСКОЮ ПРОКЛАДКОЮ

Вступ. Проблеми оцінювання довготривалої міцності сучасної техніки займають важливе місце при проектуванні, створенні, доведенні й експлуатації машин, приладів і апаратури. Експлуатаційні умови для багатьох конструкцій машинобудівної техніки характеризуються високими рівнями температур і навантажень. В цих умовах внаслідок таких явищ як повзучість та пошкоджуваність проявляються обмеження властивостей міцності й довговічності конструктивних елементів машин. Тому у розрахунках на міцність сучасної високотемпературної техніки особливе місце займають розрахунки на повзучість і довготривалу міцність. Для підвищення достовірності в оцінюванні довговічності конструктивних елементів машин при повзучості, необхідні нові науково обґрунтовані методи оцінювання довговічності.

У науковій літературі міститься значна кількість публікацій, де запропоновані

різні підходи та моделі процесів повзучості й пошкоджуваності матеріалів, здатні з різним ступенем адекватності оцінювати довготривалу міцність конструктивних елементів машин на етапі їх проектування. Більшість з існуючих публікацій вітчизняних й закордонних авторів присвячено дослідженню нелінійних процесів повзучості розв'язку на базі чисельного методу скінчених елементів [1,2]. Практично відсутні розробки на базі чисельно-аналітичних методів. Про актуальність теми роботи свідчить зацікавленість багатьох вітчизняних та закордонних наукових шкіл щодо пошуку ефективних розрахункових методів оцінювання довготривалої міцності конструкцій, які деформуються в умовах повзучості із пошкоджуваністю, та існуючі потреби у методах визначення впливу повзучості на експлуатаційні властивості конструкцій на етапі проектування [1-4, 7].

У роботі розглянуто повзучість ущільнювальних з'єднань із прокладками у