

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК С УПРОЧНЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Е. А. Кошелева

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Несмотря на многочисленные исследования, проблема повышения износостойкости режущего инструмента в настоящее время остается актуальной. Одним из путей повышения износостойкости режущего инструмента является нанесение покрытий, наиболее простыми из них и нетребовательными к технологиям являются процессы диффузионного упрочнения. При этом лидерство в плане повышения износостойкости, теплостойкости и поверхностной твердости принадлежит диффузионным покрытиям на основе бора.

Ключевые слова: борирование, упрочнение, сталь, диффузия

TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT RECEIVING MOULD PIECES WITH THE STRENGTHENED SURFACE

E. A. Kosheleva

Altai State Technical University, Barnaul, Russia

The problem of increase in wear resistance of a cutting instrument remains relevant in connection with constantly increasing requirements of metal-working industry concerning increase in cutting speeds, processing of more and more wide range of the materials having rather high hardness and durability now. One of paths of increase in wear resistance of a cutting instrument is drawing coverings, the simplest of them and undemanding to technologies are processes of diffusion hardening. At the same time leadership in respect of increase in wear resistance, a heat resistance and the surface hardness belongs to diffusion coverings on the basis of a pine forest.

Ключевые слова: borating, hardening, steel, diffusion

Наиболее перспективным направлением исследований, ведущих к повышению износостойкости отливок, является применение поверхностного легирования в процессе их получения, а также многокомпонентная химико-термическая обработка.

Для упрочнения поверхности отливок методом поверхностного легирования использовали метод, описанный в монографии [1]. Образцы получали путем заливки жидкого металла в формы с нанесенной на их поверхность насыщающей обмазкой и при литье по газифицируемым моделям с нанесенным на них легирующим облицовочным слоем. В результате взаимодействия жидкого сплава отливки с легирующим облицовочным слоем [1, 2], при кристаллизации и последующем охлаждении на поверхности отливки получали упрочненный слой. Упрочнение при таком методе поверхностного легирования происходит за счет диффузии легирующих элементов из облицовочного слоя в отливку. После охлаждения и очистки из отливок вы-

резали образцы для исследования структуры и свойств упрочненных отливок. Проводили испытания на износостойкость.

Было установлено, что состав стали не оказывает значительного влияния на толщину получаемого упрочненного слоя, сформированного в процессе поверхностного легирования стали при литье. На всех сталях получены слои толщиной около 1 мм при толщине стенки отливки 10 мм и времени выдержки в форме 5 минут. Основное влияние на образование диффузионного слоя оказывает длительность процесса кристаллизации [7, 10, 11, 12, 15, 19] и охлаждения в аустенитном состоянии, что определяется толщиной стенки отливки и временем выдержки отливки при температуре выше 800 °С. Состав упрочняющей обмазки оказывает значительное влияние на твердость поверхности отливок. Микротвердость изменяется в значительных пределах от 7500 МПа при борировании и до 14000 МПа при боротитанировании.

Микроструктура полученного диффузионного борохромированного слоя представлена на рисунке 1. Сформировавшиеся взамен игольчатых диффузионные слои толщиной более 1 мм имеют структуру боридной эвтектики с крупными включениями перлита (до 30 мкм), где эвтектика представляет собой мелкодисперсную механическую смесь боридов и перлита.

Таким образом, показана возможность получения качественных отливок из чугуна и сталей различного состава с упрочненной поверхностью методом литья в открытую форму из стержневой смеси и литьем по газифицируемым моделям из пенополистирола [1 – 3, 14 – 18].

Структура упрочненного при литье слоя значительно отличается от боридного слоя, полученного классическим способом. При таком способе упрочнения на поверхности отливок образуется эвтектический слой (литая боридная эвтектика) в котором не наблюдается ярко выраженной зоны столбчатых боридов. Следует отметить, что такая структура определяет более высокий комплекс механических свойств упрочненного слоя за счет снижения уровня внутренних напряжений и более благоприятного сочетания твердости и пластичности.

Микротвердость диффузионных слоев, получаемых в процессе литья несколько ниже, чем у слоев, получаемых методами ХТО (11000 – 16000 МПа у литых и до 30000 МПа при ХТО), однако это компенсируется увеличением пластичности.

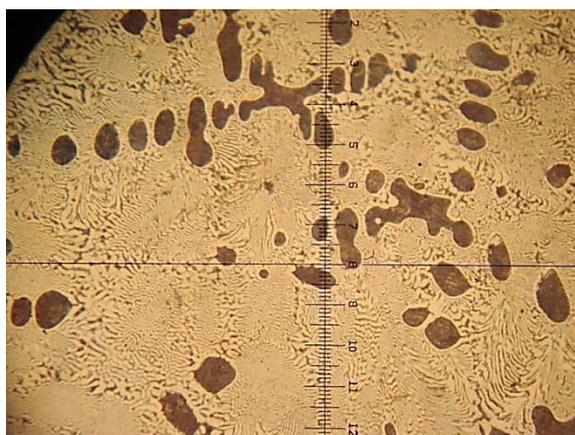


Рисунок 1 – Микроструктура диффузионного борохромированного слоя на стали 45Л, полученных литьем по газифицируемым моделям, цена деления шкалы 2,5 мкм

Значительно возросшая пластичность диффузионного слоя дает возможность использовать литые диффузионно-упрочненные детали при повышенных ударных нагрузках без опасности скалывания слоя.

Проведенные сравнительные испытания на износостойкость полученных различными способами упрочняющих покрытий показали преимущества нового способа. Результаты сравнительных испытаний, проведенных на упрочненных образцах по методике, указанной во второй части настоящей работы, представлены в виде графиков и гистограмм на рисунках 2 и 3.

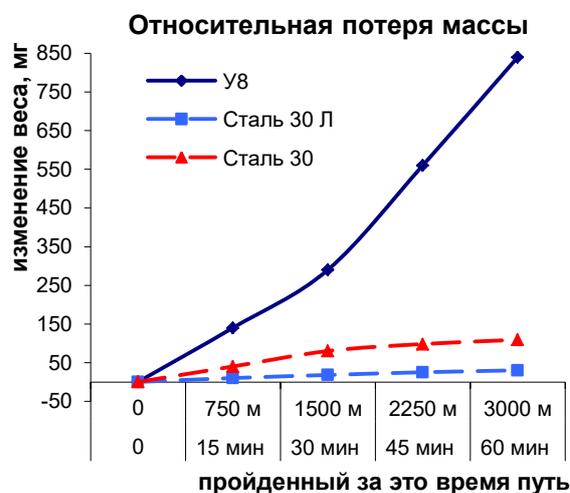


Рисунок 2 – Потеря массы различных сталей в зависимости от длины пути пройденного за указанное время испытания на абразивный износ

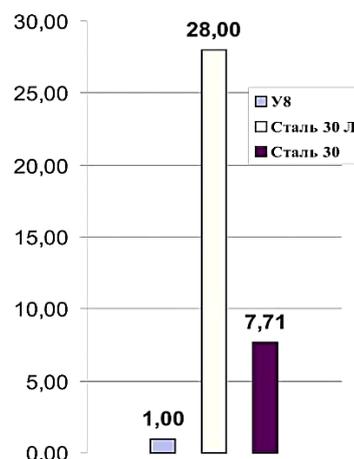


Рисунок 3 – Износостойкость упрочненных борированием и поверхностным упрочнением в процессе литья сталей относительно закаленной стали У8

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК С УПРОЧНЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

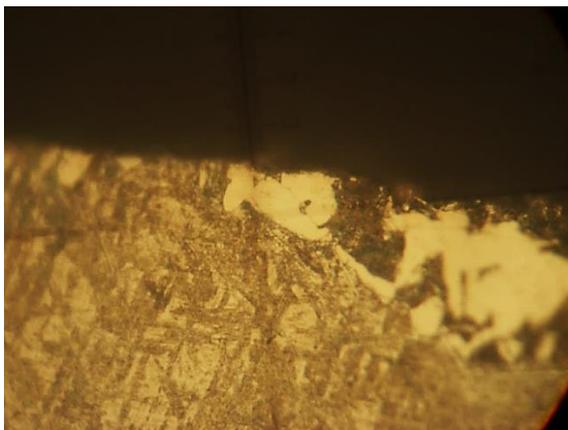


Рисунок 4 – Микроструктура поверхности борированного образца из стали 30 после испытаний на абразивный износ

Исходя из рисунков 2 и 3, можно установить, что при испытаниях на абразивный износ поверхностное упрочнение в процессе получения отливки из стали 30 в 28 раз превосходит по износостойкости закаленную инструментальную сталь У8, тогда, как борированная сталь 30 улучшает этот показатель в 7,71 раза.

В данном случае наименьшую потерю массы имеет образец, упрочненный при литье. Это можно объяснить следующим: при абразивном износе начинает преобладать механизм выкрашивания твердого, но хрупкого диффузионного слоя, так как контакт закрепленного образца и движущихся песчинок сопровождается ударом. Как уже было отмечено, боридный игольчатый слой, полученный насыщением при твердофазном борировании, обладает высокой твердостью и хрупкостью. Поэтому данный слой не изнашивается, а скалывается под действием микроударов об абразивные частицы (рисунок 4).

В реальных условиях присутствует комбинированный износ, когда на изнашиваемые детали одновременно воздействует несколько факторов. Поэтому наибольшую информацию дают промышленные испытания реальных деталей машин и инструмента [15 – 24].

Список литературы

1. Гурьев, М. А. Перспективные методы получения упрочняющих покрытий / Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Галаа О. - Барнаул, 2016. - 182 с.
2. Гурьев, М. А. Повышение износостойкости деталей машин и инструмента поверхностным легированием при производстве литых изделий: дисс. канд. техн. наук. – Барнаул, 2010. – 191 с., ил.
3. Гурьев, М. А. Повышение износостойкости деталей машин и инструмента поверхностным

легированием при производстве литых изделий: автореферат дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Барнаул, 2010. – 17 с., ил.

4. Кошелева, Е. А. Перспективные методы получения упрочняющих покрытий / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 195-197.

5. Гурьев, М. А. Разработка нового метода легирования поверхности отливок / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, И. А. Гармаева, Я. Дон, Ш. Мэй, Б. Д. Лыгденов, А. М. Гурьев // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8–1. – С. 103–105.

6. Гурьев, А. М. Диффузионное термоциклическое упрочнение поверхности стальных изделий бором, титаном и хромом / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, С. Г. Иванов, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, И. А. Гармаева, М. А. Гурьев // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 30–35.

7. Гурьев, А. М. Многокомпонентное диффузионное упрочнение поверхности деталей машин и инструмента из смесей на основе карбида бора / А. М. Гурьев, А. Д. Грешилов, Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, А. Г. Иванов, А. А. Долгоров // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2010. – № 2. – С. 19–23.

8. Иванов, С. Г. Диффузионное насыщение сталей из насыщающих обмазок / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. А. Кошелева, Т. А. Бруль // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 4. – С. 38.

9. Гурьев, А. М. Новые методы диффузионного термоциклического упрочнения поверхности стальных изделий бором совместно с титаном и хромом / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, С. Г. Иванов, О. А. Власова, И. А. Гармаева, Е. А. Кошелева, М. А. Гурьев // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 10. – С. 84–85.

10. Иванов, С. Г. Комплексное насыщение сталей бором и хромом – борохромирование / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. А. Кошелева, О. А. Власова, М. А. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2008. – № 3. – С. 53.

11. Кошелева, Е. А. Исследование поверхности стали при комплексном диффузионном упрочнении / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2014. – № 2. – С. 158–161.

12. Иванов, С. Г. Зависимость износостойкости сталей 45 и Х12М от морфологии диффузионных покрытий / С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, И. А. Гармаева, О. А. Власова, Т. Г. Иванова, Н. Г. Бильтриков, Е. А. Кошелева, А. М. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2014. – № 2. – С. 137–143.

13. Кошелева, Е. А. Разработка методов интенсификации химико-термоциклической обработки инструментальных сталей / Е.А. Кошелева, А.М. Гурьев, С.Г. Иванов, О.А. Власова // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 10. – С. 48.

14. Гурьев, А. М. Диффузионное упрочнение поверхности сталей бором совместно с хромом, вольфрамом и титаном / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, М. А. Гурьев, И. А. Гармаева, Мэй Шунчи, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 23-28.

15. Гурьев, А. М. Исследование фракционного состава насыщающих смесей для химико-термической обработки сталей / А. М. Гурьев, С. А. Иванова, Е. А. Кошелева, Мэй Шунчи // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 63-66.

16. Гармаева, И. А. Одновременное насыщение бором, хромом и титаном углеродистых и легированных сталей / И. А. Гармаева, А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, Е. А. Кошелева, Мэй Шунчи // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 117-121.

17. Гурьев, М. А. Разработка нового способа поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, Е. А. Кошелева, А. М. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 153-156.

18. Гармаева, И. А. Микротвердость покрытий на стали 45, полученных борированием и одновременным насыщением бором, хромом и титаном / И. А. Гармаева, Т. Г. Иванова, Е. А. Кошелева, А. М. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 165-168.

19. Кошелева, Е. А. Повышение прочности инструментальных сталей / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2015. – № 2. – С. 133-134.

20. Иванов, С. Г. Формирование диффузионного покрытия на титане из смеси на основе карбида бора / С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, Т. Г. Иванова, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2015. – № 2. – С. 165-168.

21. Гурьев, М. А. Поверхностное легирование деталей в процессе их производства методом литья по газифицируемым моделям / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, Е. В. Черных, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2015. – № 2. – С. 173-175.

22. Гурьев, М. А. Технология нанесения многокомпонентных упрочняющих покрытий на стальные детали / М. А. Гурьев, Д. С. Фильчаков, И. А. Гармаева, С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Г. А. Околович // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1-1. – С. 73-78.

23. Лыгденов, Б. Д. Диффузионное борирование быстрорежущей стали р18 / Б. Д. Лыгденов, А. Д. Грешилов, А. Ц. Мижитов, М. А. Гурьев, Е. А. Кошелева // Расчет, диагностика и повышение надежности элементов машин: межвуз. сб. под ред. В. А. Вагнера; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. – Вып. 7 (ч. 1). – С. 40 – 44.

24. Гурьев, М. А. Оптимизация состава многокомпонентной насыщающей смеси на основе бора и хрома для поверхностного легирования сталей / М. А. Гурьев, Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов // Ползуновский альманах. – 2010. – № 1. – С. 131-135.

25. Гурьев, А. М. Способ упрочнения стальных деталей / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, М. А. Гурьев, Б. Д. Лыгденов // патент на изобретение RUS 2381299 12.05.2008.

26. Гурьев, А. М. Термоциклическое борирование как метод повышения прочности инструментальных сталей / А. М. Гурьев, О. А. Власова, Б. Д. Лыгденов, И. А. Гармаева, А. М. Кириенко, С. Г. Иванов, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2007. – № 1-2. – С. 85-88.

27. Кошелева, Е. А. Разработка методов химико-термоциклической обработки деталей машин

и инструмента / Е. А. Кошелева, О. А. Власова, Е. А. Нестеренко, А. М. Гурьев // XIV Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» / Сборник трудов в 3-х томах. – Т. 2. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – С. 92-93.

28. Guriev, A. M. Diffusion saturation of steels from coats / S. G. Ivanov, B. D. Ligdenov, O. A. Vlasova, E. A. Kocheleva, I. A. Garmaeva, A. C. Mijitov // VIII Miedzynarodowa Konferencja Naukowa. Czestochowa, 25 maja 2007. – P. 141-145.

29. Guriev, A. M. Complex saturation of steels by boron and chrome / A. M. Guriev, S. G. Ivanov, O. A. Vlasova, E. A. Kocheleva, M. A. Guriev // International scientific conference «Nowadays, future and faced problems of metallurgy and machinery field». Ulaanbaatar, 19-21 September, 2008. – P. 179-183.

30. Иванов, С. Г. Диффузионное хромирование сталей из насыщающей обмазки / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, С. А. Земляков, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ. – 2006. – № 3. – С. 191.

31. Кошелева, Е. А. Разработка способа термоциклического борохромирования деталей машин и инструмента / Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, О. А. Власова, М. А. Гурьев, Т. Г. Другова, А. М. Гурьев // IV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2007», Барнаул: – Изд-во АлтГТУ, 2007. – С. 45-48.

32. Кошелева, Е. А. Эффективность комплексного насыщения сталей бором и хромом – борохромирования / Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, Е. А. Нестеренко // VI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2009», Барнаул: – Изд-во АлтГТУ, 2009. – С. 105-106.

33. Кошелева, Е. А. Методы поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента / Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, И. Л. Шишкова // V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2008», Барнаул: – Изд-во АлтГТУ, 2008. – С. 54-56.

34. Иванов, С. Г. Комплексное насыщение сталей бором и хромом – борохромирование / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. А. Кошелева, О. А. Власова, М. А. Гурьев // Ползуновский альманах. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ – 2008. – № 4 – С. 53-54.

35. Кошелева, Е. А. Оптимизация химического состава насыщающих смесей при диффузионном упрочнении инструментальных сталей / Е. А. Кошелева, Е. А. Нестеренко, А. Г. Иванов, А. М. Гурьев // Труды VI Международной научной школы-конференции «Фундаментальное и прикладное материаловедение» / Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – С. 179-183.

Кошелева Елена Алексеевна – к. т. н., доцент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия