

РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТА

М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. А. Кошелева
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Процессы многокомпонентного насыщения позволяют сформировать многофазную структуру поверхностного слоя, обладающего комплексом полезных свойств. Насыщение разными элементами поверхности изделия дает возможность создавать многослойные композиционные материалы с уникальными свойствами.

Ключевые слова: упрочнение, диффузия, химико-термическая обработка, многокомпонентное насыщение

DEVELOPMENT OF THE NEW WAY OF THE SURFACE HARDENINGS OF DETAILS OF MACHINE AND TOOL

M. A. Guriev, S. G. Ivanov, A. M. Guriev, E. A. Kosheleva
Altai State Technical University, Barnaul, Russia

Processes of multicomponent saturation allow creating a multiphase structure of the surface layer having a complex of the useful properties. Saturation by different elements of a surface of a product gives the chance to create multilayer composites with unique properties.

Keywords: hardening, diffusion, chemical heat treatment, multicomponent saturation

Методы улучшения эксплуатационных свойств за счет объемного легирования сталей дают возможность получать стали с заданными свойствами, позволяют в значительной степени повысить эксплуатационные свойства деталей машин и инструмента. Однако, объемное легирование, как правило, является не экономичным, а во многих случаях неосуществимым из-за почти полной потери сталями таких свойств, как пластичность и вязкость. Поэтому в последнее время все большее внимание уделяется методам поверхностного упрочнения сталей.

Структура и свойства поверхностных слоев деталей машин и инструмента оказывают важное влияние на их работоспособность, так как в процессе эксплуатации именно поверхностные слои наиболее интенсивно подвергаются температурно-силовым воздействиям.

Для уменьшения расходов при изготовлении и использовании инструмента традиционно применяют более износостойкие материалы; используют различные способы упрочняющей обработки рабочих поверхностей, такие как

наплавка, напыление, лазерное упрочнение. Однако применение данных технологий требует использования сложного, часто уникального, дорогостоящего и энергоёмкого оборудования, дорогостоящих упрочняющих сплавов, высококвалифицированного персонала, проведения повторного процесса упрочнения после шлифовки при износе инструмента. Широко используемая традиционная химико-термическая обработка (ХТО) хотя и повышает износостойкость инструмента, но кроме выше перечисленных недостатков требует большого расхода электроэнергии в связи с длительностью высокотемпературных диффузионных процессов. Всё это приводит к повышению стоимости инструмента. С этой точки зрения особый интерес представляет разработка новых высокоэффективных методов упрочнения деталей машин и инструмента за счет совместного комплексного диффузионного насыщения поверхности металлов и сплавов различными химическими элементами, метод многокомпонентного диффузионного насыщения.

В ряде случаев ХТО является единственным возможным средством получения

требуемых эксплуатационных свойств не только поверхности, но и изделия в целом. Более того, химико-термической обработкой можно получить такое сочетание свойств упрочненного изделия, которое другими методами получить невозможно. В этом случае ХТО можно рассматривать не как определенную операцию изготовления детали, а как метод получения принципиально нового конструкционного материала.

Высокая износостойкость – это основное свойство, ради которого проводят борирование металлов и сплавов (рисунок 1). Износостойкость борированной стали 45 в условиях сухого трения скольжения выше в 4 – 6 раз износостойкости цементированных, 1,5 – 3 раза нитроцементированных, в 3 – 8 раз цианированных, в 2 раза хромосилицированных, в 4 раза закаленной низкоотпущенной стали 45.

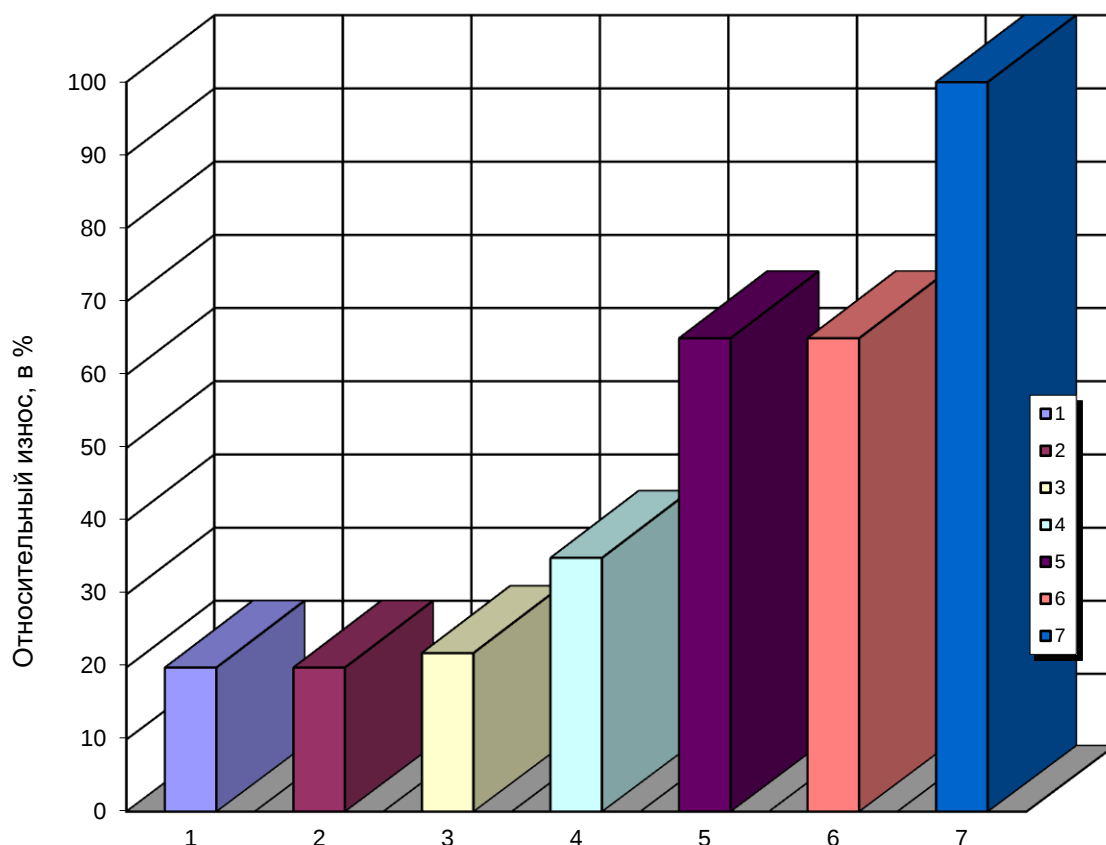


Рисунок 1 – Относительный износ различных видов ХТО сталей: 1 – борирование; 2 – титанирование; 3 – хромирование; 4 – бороалитирование; 5 – азотирование; 6 – цианирование и карбонитрирование; 7 – цементация

Традиционно используется диффузионное борирование для готовых изделий, когда операция упрочнения является окончательной. Однако в данном случае приходится учитывать влияние таких последствий как изменение геометрических размеров упрочненных деталей, которое неприемлемо для прецизионных изделий. А так же относительно высокую хрупкость получаемого диффузионного слоя при размерах самого слоя, не превышающих 350 мкм.

Указанных недостатков лишен способ поверхностного упрочнения, когда диффузион-

ное насыщение и процесс изготовления совмещены в единый процесс. Такая комбинация возможно только при изготовлении деталей машин и инструмента методами литья. При этом получают упрочненные слои, имеющие толщину до 5 мм, обладающие высокими износостойкостью и пластичностью слоя.

Изготовление инструмента различными методами литья приводит к сокращению расхода дорогостоящей инструментальной стали, снижению расходов на изготовление инструмента и повышению его стойкости. При использовании литейных технологий появля-

РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТА

ется возможность в широких пределах использовать дополнительное легирование, микролегирование и модифицирование стали для повышения работоспособности инструмента, исходя из конкретных условий его эксплуатации.

Большой практический интерес представляет получение в процессе литья диффузионных слоев на основе боридов железа, обладающих, как известно, высокой твердостью и износостойкостью.

Среди возможных методов получения отливок с упрочненной поверхностью наиболее перспективным является метод получения отливок по газифицируемым (ЛГМ) или выжигаемым моделям. Метод ЛГМ основан на деструкции одноразовой модели в форме во время заполнения ее жидким расплавом. Такой метод позволяет получать отливку наиболее высокой размерной точностью и с достаточно хорошей частотой поверхности (от 3 до 6 класса шероховатости), так как насыщающая смесь наносится непосредственно на модель. Нанесение же насыщающей смеси на внутреннюю поверхность литейной формы при других методах требует корректировки размеров модельной оснастки, что значительно усложняет технологический процесс изготовления форм и снижает размерную точность отливок.

Проводили исследования по упрочнению сталей (сталь 35Л, 110Г13Л и др.) литьем в форму из кварцевого песка различными методами из смеси на основе карбида бора (B_4C), нанесенной на поверхность литейной формы. Было установлено, что диффузионный слой, полученный при литье, имеет на порядок большую толщину по сравнению с диффузионными слоями, полученными методами химико-термической обработки (ХТО). Строение диффузионного слоя, полученного упрочнением при литье, также претерпевает значительные изменения по сравнению с химико-термической обработкой: игольчатое строение, присущее боридным слоям полученным методами ХТО исчезает, переходя в литую боридную эвтектику. Микротвердость слоев, получаемых в процессе литья несколько ниже, чем у слоев, получаемых методами ХТО (16000 МПа у литых и до 30000 МПа при ХТО), однако это компенсируется их значительно возросшей пластичностью, что позволяет использовать литые диффузионно-упрочненные детали при повышенных ударных нагрузках без опасности скалывания слоя.

По результатам исследований разработан новый способ изготовления изделий из

сталей и чугунов с упрочненной поверхностью, получено четыре патента РФ на изобретение.

Процессы многокомпонентного насыщения позволяют сформировать многофазную структуру поверхностного слоя, обладающего комплексом полезных свойств, а насыщение разными элементами или насыщение ими наружной и внутренней поверхности изделия дает возможность создавать многослойные композиционные материалы с уникальными свойствами. Поэтому процессы многокомпонентного насыщения для создания карбидных, боридных и карбоборидных диффузионных слоев на поверхности деталей машин в ближайшем будущем должны найти более широкое применение в промышленности.

Список литературы

1. Ворошнин, Л. Г. Борирование промышленных сталей и чугунов / Л. Г. Ворошнин. - Минск: Беларусь, 1981. - 205 с.
2. Шуляк, В. С. Литье по газифицируемым моделям. - СПб.: НПО «Профессионал», 2007. - 408 с.
3. Иванов, С. Г. Поверхностное легирование стали 25Л бором / С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, О. А. Власова // Новые материалы. Создание, структура свойства. - 2008: Труды VIII Всероссийской школы-семинара. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - С.141- 143.
4. Ворошнин Л.Г. Перспективы развития химико-термической обработки // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2008. - № 1. - С. 5-8.
5. Гурьев, М. А. Упрочнение литых деталей поверхностным легированием / М. А. Гурьев, О. А. Власова, А. М. Гурьев // Современные металлические материалы и технологии (СММТ, 2009): Труды международной научно-технической конференции. - СПб.: 2009. - С.163-166.
6. Гурьев, М.А. Упрочнение литых деталей поверхностным легированием / Гурьев М.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М. // В сб.: Проблемы и перспективы развития литейного, сварочного и кузнечно-штамповочного производств: Гурьев А.М., Марков В.А.; Сб. науч. трудов X междуна. научно-практич. конференции. - Барнаул, 2009. - С. 40-46.
7. Гурьев, М.А. Технология упрочнения стальных изделий в процессе литья / Гурьев М.А., Фильчаков Д.С., Иванов С.Г., Гурьев А.М., Деев В.Б. // Литейщик России. - 2013. - № 6. - С. 36-38.
8. Гурьев, М.А. Упрочнение литых сталей поверхностным легированием из борсодержащих обмазок / Гурьев М.А., Иванов А.Г., Иванов С.Г., Гурьев А.М. // Успехи современного естествознания. - 2010. - № 3. - С. 123.
9. Гурьев, М.А. Оптимизация состава многокомпонентной насыщающей смеси на основе бора и хрома для поверхностного легирования сталей / Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Иванов С.Г. // Ползуновский альманах. - 2010. - № 1. - С. 131-135.

10. Гурьев, М.А. Поверхностное упрочнение стальных деталей при литье по газифицируемым моделям / Гурьев М.А., Околович Г.А. // Ползуновский альманах. - 2010. - № 1. - С. 102-106.
11. Гурьев, М.А. Упрочнение деталей машин и инструмента поверхностным легированием при производстве литых изделий / Гурьев М.А., Фильчаков Д.С. // Ползуновский альманах. - 2011. - № 4. - С. 142.
12. Ivanov, S.G. Features of multicomponent saturation alloyed by steels / Ivanov S.G., Garmaeva I.A., Guriev M.A., Guriev A.M., Starostenkov M.D. // Lecture Notes in Control and Information Sciences. - 2015. - Т. 22. - С. 49-53.
13. Лыгденов, Б.Д. Исследование поверхностного микролегирования стали сплавом Ni-CR-B-Si в процессе кристаллизации отливок / Лыгденов Б.Д., Фильчаков Д.С., Долгоров А.А., Гурьев М.А. // Ползуновский альманах. - 2008. - № 3. - С. 45-46.
14. Гурьев, М.А. Взаимосвязь химического состава насыщающей среды и диффузионного покрытия на сталях 45 и 45Л / Гурьев М.А., Иванов С.Г., Алонцева Д.Л., Иванова Т.Г., Гурьев А.М. // Письма о материалах. - 2014. - Т. 4. - № 3 (15). - С. 179-181.
15. Иванов, С.Г. Интенсификация процессов поверхностного легирования изделий из железоуглеродистых сплавов / Иванов С.Г., Гурьев М.А., Гурьев А.М., Земляков С.А., Иванов А.Г. // Современные наукоемкие технологии. - 2010. - № 9. - С. 101-102.
16. Иванов, С.Г. Исследование процессов диффузионного насыщения сталей из смесей на основе карбида бора / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Власова О.А., Гурьев М.А. // Современные наукоемкие технологии. - 2008. - № 3. - С. 33.
17. Гурьев, М.А. Упрочнение литых деталей поверхностным легированием на основе бора / Гурьев М.А. // Ползуновский альманах. - 2009. - № 2. - С. 46-47.
18. Гурьев, М.А. Литые детали для дорожной техники с упрочненной поверхностью / Гурьев М.А., Фильчаков Д.С., Иванов С.Г. // Ползуновский альманах. - 2012. - № 1. - С. 274-276.
19. Кошелева, Е.А. Разработка технологии диффузионного упрочнения поверхности стальных деталей и инструмента / Кошелева Е.А. // Ползуновский альманах. - 2010. - № 1. - С. 95-101.
20. Иванов, С.Г. Диффузионное насыщение сталей из насыщающих обмазок / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Бруль Т.А. // Фундаментальные исследования. - 2007. - № 4. - С. 38.
21. Гурьев, М.А. Изготовление стальных и чугунных деталей с упрочненным поверхностным слоем литьем по газифицируемым моделям / Гурьев М.А., Власова О.А., Гурьев А.М., Фильчаков Д.С., Малькова Н.Ю. // Ползуновский альманах. - 2013. - № 2. - С. 86-91.
22. Гурьев, М.А. Поверхностное легирование деталей в процессе их производства методом литья по газифицируемым моделям / Гурьев М.А., Иванов С.Г., Черных Е.В., Кошелева Е.А. // Ползуновский альманах. - 2015. - Т. 2. - С. 173-175.
23. Гурьев, М.А. Разработка нового метода легирования поверхности отливок / Гурьев М.А., Иванов С.Г., Гармаева И.А., Дон Я., Мэй Ш., Лыгденов Б.Д., Гурьев А.М. // Международный журнал экспериментального образования. - 2015. - № 8-1. - С. 103-105.
24. Гурьев, М.А. Поверхностное упрочнение инструмента при литье по газифицируемым моделям / В сб.: Проблемы и перспективы развития литейного, сварочного и кузнечно-штамповочного производств: Гурьев А.М., Марков В.А. Сб. научных трудов X международной научно-практической конференции. - Барнаул, 2009. - С. 65-68.
25. Гурьев, А.М. Способ изготовления и упрочнения деталей из чугунов и сталей / Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Земляков С.А., Грешилов А.Д., Иванов А.Г. // патент на изобретение RU 2440869 10.11.2010.
26. Фильчаков, Д.С. Исследование параметров зависимости глубины упрочненного слоя от химического состава металла при многокомпонентном микролегировании отливок / Фильчаков Д.С., Гурьев М.А., Иванов А.Г. // В сб.: Проблемы механики современных машин: Материалы V международной конференции: отв. редактор В. С. Балбаров. - 2012. - С. 197-200.
27. 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.: ил.
28. Гурьев, М.А. Поверхностное легирование деталей в процессе их производства методом литья по газифицируемым моделям / Гурьев М.А., Иванов С.Г., Черных Е.В. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2015. - Т. 12. - № 4. - С. 429-431.
29. Гурьев, М.А. Литой композиционный материал для горнорудных машин / Гурьев М.А., Мэй Шунчи // Актуальные проблемы в машиностроении. - 2016. - № 3. - С. 410-413.

Гурьев Михаил Алексеевич – к. т. н.
Иванов Сергей Геннадьевич – к. т. н.
Гурьев Алексей Михайлович – д. т. н., профессор
Кошелева Елена Алексеевна¹ – к. т. н., доцент

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