

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЕЙ

*В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, А.В. Ковальчук,
В.Г. Щербаков, И.А. Булойчик*
Белорусский национальный технический университет
e-mail: nil_usi@bntu.by

Summary. *Two-layer coating of the «thermodiffusion layer – PVD coating TiAlN» was obtained. Microhardness and tribological properties of the resulting two-layer coatings and the contribution of TiAlN coating in integrated micro-hardness of the surface on different substrates was investigated.*

Разрушение деталей машин, инструмента и других изделий в большинстве случаев начинается с поверхности, использование объемного легирования не всегда является приемлемым с экономической точки зрения, поэтому актуальной является поверхностная упрочняющая обработка, в частности, поверхностное легирование в результате термодиффузионного насыщения или химико-термическая обработка (ХТО).

Научно-исследовательская лаборатория упрочнения стальных изделий (НИЛ УСИ) филиала Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательская часть» с 1966 года занимается исследованиями в области химико-термической обработки материалов и получением на поверхности стальных изделий покрытий различного функционального назначения. Коллективом лаборатории изучены и детально описаны процессы борирования, силицирования, карбидизации, карбонитрирования, алитирования, цинкования, хромирования и другие, а также процессы многокомпонентного насыщения на основе бора, хрома, кремния и алюминия. Изучены термодинамика, химизм, кинетика и механизмы формирования диффузионных слоев, в том числе при многокомпонентном насыщении, исследованы закономерности формирования свойств многослойных композиций, получаемых с использованием химико-термической и вакуумной ионно-плазменной обработки [1], процессы нанесения защитных покрытий.

Лабораторией разработано и детально исследовано более 100 диффузионных слоев моно- и многоцелевого назначения для различных условий эксплуатации ряда металлических материалов (износостойкие, антикоррозионные, жаростойкие и др.). Разработанные способы обработки металлических изделий защищены десятками авторских свидетельств и патентов.

Целью данной статьи являлось ознакомление перспективных разработок НИЛ УСИ в области поверхностной упрочняющей обработки сталей.

Разработанный процесс поверхностного термодиффузионного легирования бором не уступает, а по некоторым показателям превосходит однотипные [2], разработанные зарубежными фирмами BorTec GmbH (Германия), Worldwide Alloy Surfacing Inc (США). Толщина диффузионного слоя в зависимости, назначения и технологических параметров процесса изменяется от 30 до 400 мкм, а микротвердость может достигать 20 ГПа. Показатель шероховатости поверхности детали в результате обработки сохраняется на уровне исходного – 8...9 класс.

Проведенные исследовательские работы подтвердили высокую искробезопасность термодиффузионных борированных слоев при фрикционном взаимодействии. В дополнении к этому можно отметить перспективность применения вместе с бором еще трех элементов, которые в силу своих особенностей повышают эффективность диффузионных слоев именно в направлении искробезопасности – Al, Cr и Si, которые при окислении образуют плотные и непроницаемые оксиды Al_2O_3 , Cr_2O_3 , SiO_2 к уже существующей оксидной пленке B_2O_3 .

Разработанные в НИЛ УСИ усовершенствованные цинковые покрытия, полученные методом диффузионного цинкования, имеют существенные преимущества по сравнению с покрытиями, полученными методом горячего оцинкования, так как процесс протекает при более низких температурах и это позволяет проводить цинкование деталей после финишной термообработки без потери механических свойств.

Усовершенствованные цинковые покрытия, полученные в разработанной оригинальной среде, имеют самую высокую твердость из всех известных цинковых покрытий и низкий коэффициент трения, поэтому они хорошо противостоят абразивному износу и деформации. Гладкая матовая поверхность служит прекрасной основой для прочного сцепления с краской, резиной, клеем, не требуя при этом специальных грунтовых покрытий. Некоторые преимущества усовершенствованных цинковых покрытий:

- слоистая структура с зонами соединений Fe-Zn (7...20 % Fe);
- указанные покрытия могут наноситься на все виды стали или чугуна;
- толщина покрытий может изменяться в пределах от 10 до 100 мкм и более;
- покрытия однородны по толщине, точно воспроизводят профиль изделия в целом и отдельных элементов на нем, формируются в профильных пазах, отверстиях.

Научными сотрудниками лаборатории ведутся работы по диффузионному и поверхностному легированию дроби, стружки и проволоки для создания наплавочных сплавов. В этой работе можно выделить следующие направления: диффузионное легирование флюсующе-упрочняющими элементами отходов дроби углеродистых сплавов (СЧ20); диффузионное легирование флюсующе-упрочняющими элементами отходов дроби и стружки легированных сплавов (ИЧХ28Н2, ШХ15, Р6М5); поверхностное легирование флюсующе-упрочняющими элементами стальных проволок (сталь У7, сталь 08).

Совместно с коллективом НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ под руководством Ф.Ф. Комарова разработан комплексный способ поверхностного упрочнения стальных изделий с использованием химико-термической обработки и вакуумных ионно-плазменных технологий. Способ позволяет в 4,5...5,1 раза повысить микротвердость, в 4,1...7,0 раза износостойкость и более чем в 2,5 раза коррозионную стойкость изделий из конструкционных сталей путем формирования на их поверхности микрокомпозиционного материала. Преимуществом предлагаемой комбинированной обработки является возможность ухода от объемного упрочнения и доводочных операций.

В НИЛ УСИ разработаны новые твердые, сверхтвердые и износостойкие двухслойные покрытия типа «термодиффузионный слой – PVD покрытие» толщиной 80...220 мкм и микротвердостью до 18...53 ГПа. Покрытия представляют собой структуру упрочненной в результате карбонитрации, борирования или карбидизации стальной подложки и покрытия Ti-N или Ti-Al-N, полученного путем контролируемого магнетронного нанесения. Так, например, в результате такой комплексной обработки на сталях может формироваться эффективный упрочненный слой общей толщиной 80...260 мкм. При этом микротвердость поверхности в результате комплексной обработки существенно выше ее значений для борирования и нанесения покрытия TiAlN в отдельности [3].

Литература

1. Komarov, F.F. The effect of steel substrate pre-hardening on structural, mechanical, and tribological properties of magnetron sputtered TiN and TiAlN coatings / F.F. Komarov, V.M. Konstantinov, A.V. Kovalchuk, S.V. Konstantinov, H.A. Tkachenko // Wear. – 2016. – Vol. 352-353. – P. 92–101.

2. Konstantinov, V.M. Surface engineering of slider valves of fluid power motors made of tool steels by using boriding saturation mixture / V.M. Konstantinov, V.G. Dashkevich, A.V. Kovalchuk // Agricultural Engineering. – 2015. – Vol. 47. – P. 1–6.

3. Константинов, В.М. Свойства двухслойных износостойких покрытий «термодиффузионный слой – TiAlN» на сталях / В.М. Константинов, А.В. Ковальчук, В.Г. Дашкевич // Журнал физики и инженерии поверхности, 2016. – Т. 1 – № 2. – С. 213-224.