

Формирование многофункциональных поверхностных слоев на конструкционных сталях с использованием термодиффузионной обработки в порошковых средах

Дашкевич В.Г., Судников М.А. Плетенев И.В.
Белорусский национальный технический университет

Теория и технология поверхностного упрочнения включает в себя процессы химико-термической обработки (ХТО) известные с давних времен и дающие обширные возможности по упрочнению различных металлов и сплавов. Широкое применение ХТО объясняется тем, что большинство деталей машин и механизмов работает в условиях износа, кавитации, циклических нагрузок, коррозии (химической, электрохимической) при криогенных или высоких температурах, при которых максимальные напряжения возникают в поверхностных слоях металла. Решить вопросы стойкости и надежности деталей машин за счет поверхностного упрочнения как раз помогает ХТО, повышая поверхностную твердость, износостойкость, кавитационную и коррозионную стойкость и создавая на поверхности благоприятные остаточные напряжения сжатия. При ХТО происходит поверхностное насыщение металла соответствующим элементом (С, N, В и др.) путем его диффузии в атомарном состоянии из внешней среды (твердой, газовой, паровой, жидкой) при высокой температуре [1].

Отметим, что в последние годы привлекают внимание специалистов и исследователей комбинированные технологии упрочнения, разные по своей сущности и сочетаниям, совмещенные с ХТО и дающие в ряде случаев действительно существенный прирост механических и эксплуатационных свойств. Однако такие работы носят отрывочный, поисковый характер.

В настоящей работе проведен анализ некоторых, уже разработанных, в той или иной мере, направлений комплексных технологий, сочетающих в себе предварительную обработку поверхности перед ХТО или последующую обработку после насыщения.

Существуют три основных направления воздействия на поверхность до или после ХТО (рисунок 1), некоторые варианты их конкретной реализации с участием рассмотрены ниже.

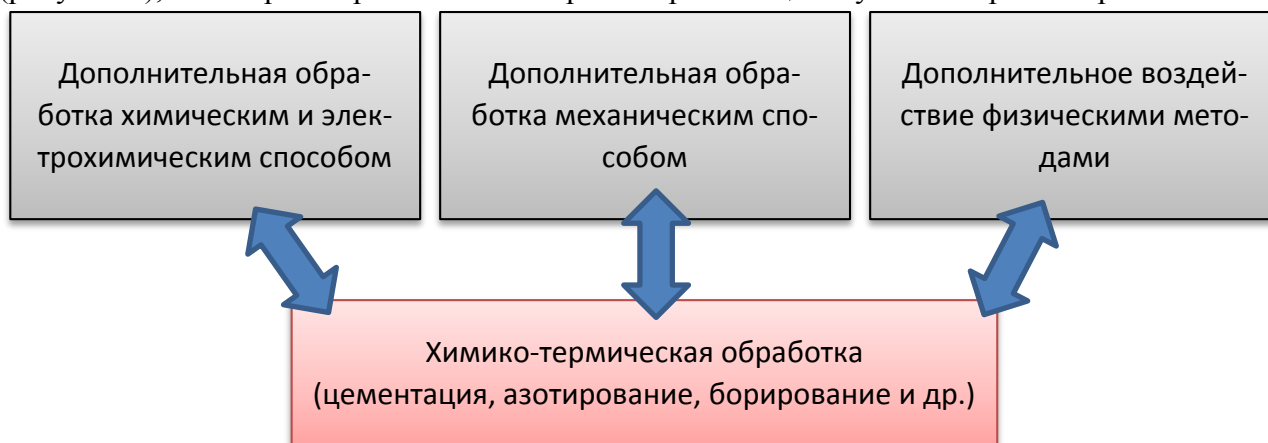


Рисунок 1 – Блок-схема вариантов совмещения различных способов обработки и ХТО

В работе [2] описан способ высокоэнергетической обработки поверхности, в частности ударно-волновое воздействие с целью стимулирования последующего процесса ХТО. За счет деформационного упрочнения происходило измельчение зерна в слое глубиной до 30 мкм, что в последующем приводило к интенсификации ХТО. Отметим, что деформационное упрочнение это известный и достаточно эффективный способ интенсификации диффузионных процессов, встречается как на макрообъектах, так и на микрообъектах в виде порошка. Именно на этом принципе, например, разработаны эффективные технологии ХТО чугуновой и стальной дроби для последующего использования в качестве наплавочных материалов [3].

Попытки создать комплексную технологию, включающую использование электроискрового легирования и ХТО были предприняты авторским коллективом и упоминаются в работах российских ученых [4, 5]. Предпосылки к такой комбинации заключаются в возможности изменения морфологии диффузионного слоя и возможности создания композиционных структур. Направление в настоящее время только формируется и при всей спорности подхода, сложности рационального выбора технологических сред и материала для легирования, по нашему мнению, является перспективным и заслуживающим внимание направлением, особенно в разрезе получения градиентных регулярных слоев на поверхности изделий.

В работе [6] рассматривался процесс предварительной обработки заключающейся в активации сверхглубоким проникновением порошковых частиц в стальную матрицу и последующее термодиффузионное борирование в порошковых средах. Активацию проводили динамической обработкой на специальном пушечном ускорителе, позволяющем обрабатывать образцы цилиндрической формы. В результате отмечен эффект объемного упрочнения, формирование активных зон (треков), которые ускоряют процесс диффузии и обеспечивают прирост толщины слоя на 20...50 %, слой в результате получается более компактный с меньшим количеством пор, снижается хрупкость и повышается адгезия.

Необходимо упомянуть направление получения специального гальванического покрытия перед ХТО, в частности, меднение. По данным ряда исследователей пленка меди, полученная на сталях упрочняемых азотированием, является каталитическим покрытием, поскольку на поверхности образуется неустойчивый нитрид меди, который по мере протекания процесса азотирования восстанавливается до чистой меди, освобождая атомы азота, являясь дополнительным источником их [7].

Что касается обработки после ХТО, то актуальным как у нас, так и за рубежом является исследование упрочнения поверхности конструкционных и инструментальных сталей при комплексной химико-термической и лазерной обработке. В многочисленных работах по лазерному упрочнению показана высокая эффективность использования процесса для повышения износостойкости в условиях абразивного и прочих видов износа. Применение предварительной ХТО приводит к образованию в поверхностном слое фаз-упрочнителей, позволяющих получать при последующей лазерной обработке модифицированные слои с повышенными эксплуатационными свойствами [8-10].

В последние годы сформировалось еще одно направление исследований, посвященное совмещению предварительного ХТО и последующего нанесения вакуумного ионно-плазменного покрытия. В результате такой комплексной обработки формируются износостойкие покрытия композиционного типа «термодиффузионный слой – вакуумное ионно-плазменное покрытие» с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами, значительно превышающими свойства просто вакуумного покрытия такого же типа, без подложки полученной термодиффузионной обработкой. Например, в работе [11] отмечено, что нанотвердость покрытий TiAlN толщиной 1 мкм на подложках с карбонитридным слоем выше, чем на неупрочненных стальных подложках, более чем в 2 раза.

Литература

1. Eric J. Mittemeijer. Thermochemical surface engineering of steels / Eric J. Mittemeijer, Marcel A. J. Somers // Woodhead publishing series in metals and surface engineering: Number 62. – Elsevier. 2015. – 792 p.
2. Комплексная химико-термическая обработка конструкционных сталей / В. А. Козечко // ScienceRise. - 2015. - № 4(2). - С. 59-63.
3. Ворошнин, Л.Г. / Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 1999. – 133 с.

4. Шкодкин, В. И. разработка и исследование инструментальных и конструкционных материалов, подвергнутых электрофизической и химико-термической обработке, для повышения механических и эксплуатационных свойств: 05. 16. 01 : автореф. дис... ктн / Шкодкин В. И.; Курский государственный технический университет. - Курск., 2009. - 16 с.
5. Dashkevich, V. Combined technology of electro-spark alloying and thermal diffusion boriding of steel / V. Dashkevich, Y. Usherenko, I. Matvienko Victor Ivashko // Environment. Technology. Resources. Rezekne, Latvia Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference. Volume III, 2019. – P. 24-26.
6. Дашкевич, В. Г. Модификация поверхности для последующего термодиффузионного борирования конструкционных сталей / В. Г. Дашкевич, Ю.С. Ушеренко // *Металлургия: Республ. Межвед. сб. научн. трудов* – Минск: БНТУ, 2020. – Вып. 41. – с. 97-105.
7. Козечко, В.А. Интенсификация процесса азотирования конструкционной стали / В.А. Козечко // *Журнал инженерных наук*. – 2014. – Том 1.- №3. – С.F1-F5.
8. Лазерная закалка инструмента из быстрорежущих сталей с предварительной химико-термической обработкой / А.Н. Сафонов, Н.Ф. Зеленцова, А.А. Митрофанов, Е.А. Сафонова // *СТИН*. - 1998. - №4. - С. 18-22.
9. Мишаков, Г.А. Комплексная химико-термическая и лазерная обработка конструкционных и инструментальных сталей / Г.А. Мишаков, А.И. Радионов, А.М. Мясников // *Вестник национального исследовательского ядерного университета МИФИ*. Том 3, № 1. – 2014. – с. 11.
10. Сафонова Е. А. Комплексное упрочнение инструментальных сталей за счет совмещения лазерной обработки с процессами химико-термического насыщения элементами внедрения : 05. 16. 01 : автореф. дис... ктн / Сафонова Е. А. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М., 2004. - 16 с.
11. Ковальчук, А.В. Износо- и коррозионностойкие азот-, углерод-, борсодержащие композиционные покрытия на инструментальных сталях, полученные термодиффузионным насыщением и вакуумным осаждением : автореферат диссертации ... канд. техн. наук: специальность 05.16.01 *Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов* / Ковальчук Алексей Владимирович; Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2020. – 21 с.