

УДК 621.774.001

Ковалевский С. В., Стародубцев И. Н.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАКЦИЙ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Основным средством интенсификации производства является научно-технический прогресс, который связан с созданием сложных современных машин и приборов с постоянным повышением требований к их характеристикам, с необходимостью объединять в единые комплексы самые разнообразные технические устройства.

Одной из основных проблем машиностроения является проблема повышения качества продукции [1].

Наиболее важным критерием качества является надежность, которая определяется эксплуатационными свойствами деталей машин: износостойкость, усталостная прочность, коррозионная стойкость, шероховатость, твердость, уровень остаточных напряжений.

Проанализированные литературные источники позволяют говорить о повышении качества не всей детали, а только ее поверхности, это дает возможность использовать в большинстве случаев менее дорогостоящие материалы, имеющие хорошее качество поверхностного слоя [2].

Целью данной работы является разработка энергоэкономного метода повышения качества поверхностного слоя деталей машин, который смог бы способствовать увеличению износостойкости и микротвердости, с применением реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

На (рис. 1) представлена схема обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин, которая позволяет перебирать теми или иными эксплуатационными свойствами в зависимости от вида нагружения деталей.

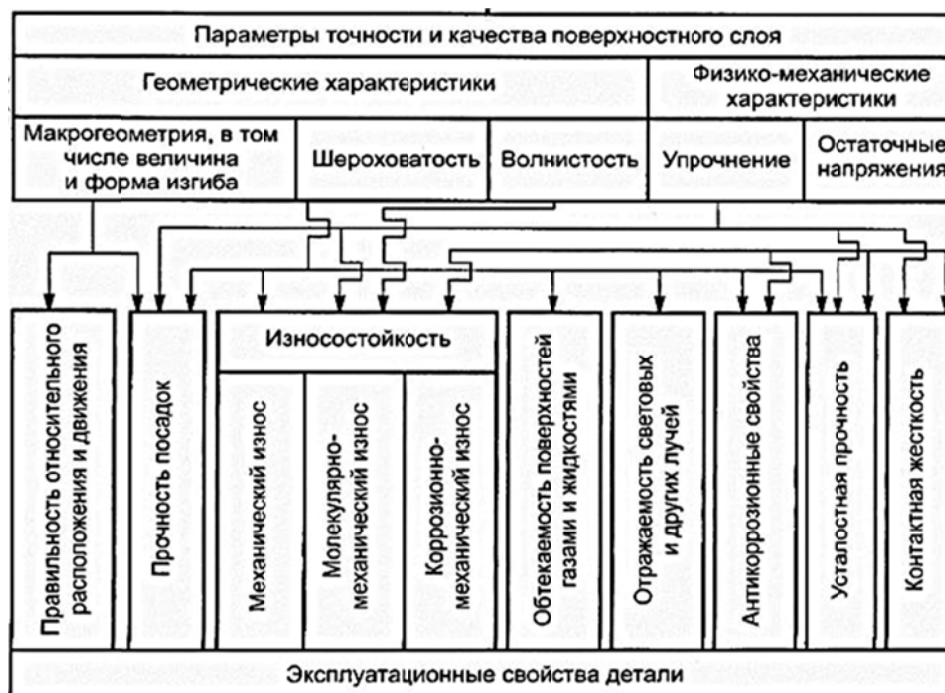


Рис. 1. Аналитическая комплексная модель обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин

Техническое решение проблемы – это повышение качества поверхностного слоя деталей машин. Существуют как традиционные методы обеспечения эксплуатационных характеристик деталей машин (термическая обработка, ППД и др.), так и новые эффективные методы, которые недавно нашли свое применение, такие как: лазерная и электронно-лучевая обработки, высокоэнергетические методы нанесения защитных покрытий, ионная имплантация поверхностного слоя, парофазная технология, позволяющая получить слоистые структуры с заданными свойствами.

Технологические методы повышения износостойкости поверхностей деталей условно можно разделить на методы, которые приводят к изменению структуры и субструктуры поверхности, и методы, с помощью которых наносят износостойкие слои (наплавка и напыление, плакирование, электролитические покрытия и др.). Методы, изменяющие структуру поверхностного слоя, могут менять химический состав поверхностного слоя, а так же проходить под воздействием механических или термических факторов (рис. 2) [2].

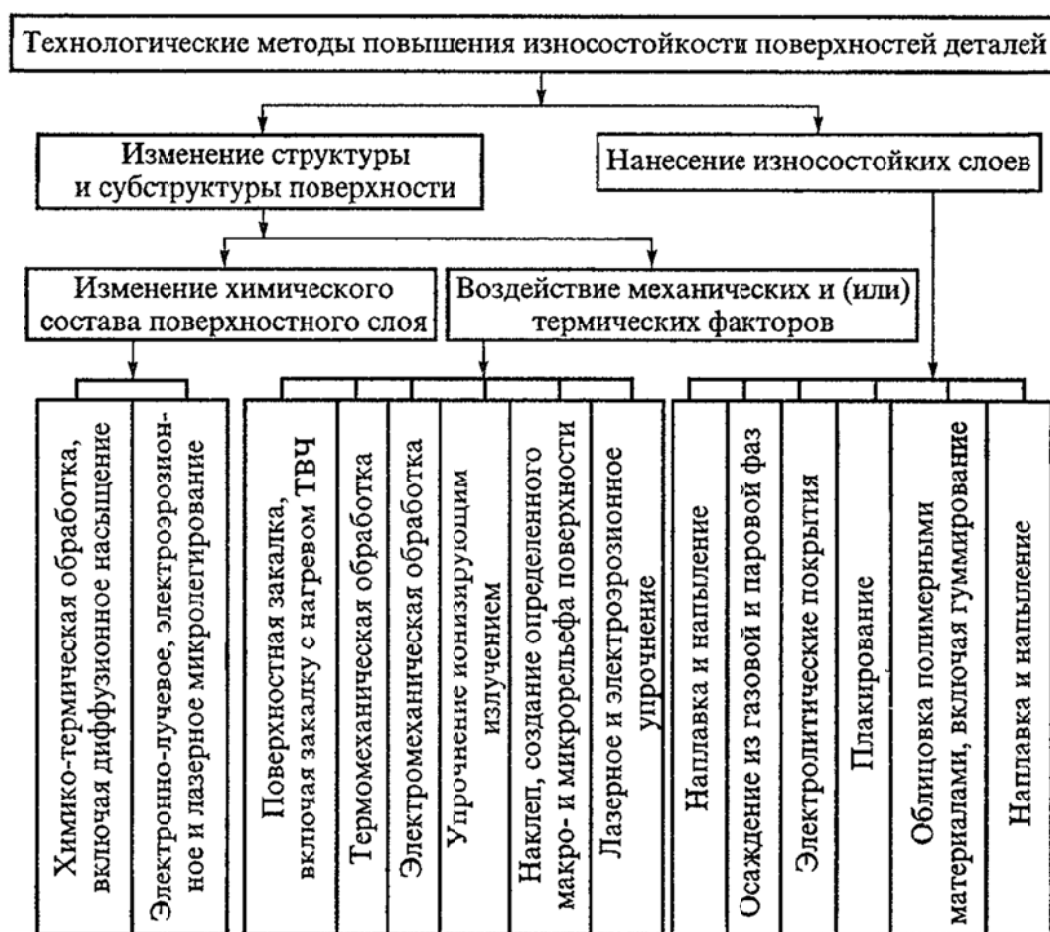


Рис. 2. Технологические методы повышения износостойкости поверхностей деталей машин

Если рассмотреть тенденцию машиностроительной отрасли, сейчас внедряются такие методы повышения поверхностных свойств деталей машин, которые потребляют меньше энергии и ресурсозатрат, а еще уменьшают или сводят к минимуму вспомогательное время (межцеховые перемещения деталей), позволяющие получить заданные свойства поверхности.

Используя высокотехнологические методы, потребляющие небольшие объемы энергии, это может вывести современное машиностроение на новый уровень производства и организации производственного процесса. Этого можно достичь способами комбинирования методов классических и новых.

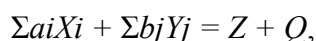
Основной задачей данной работы является разработка технологии поверхностного упрочнения сталей различных марок в условиях СВС, исследование микроструктуры, а также определение микротвердости поверхностного слоя.

В качестве реакционной среды использовали смесь порошков с малой дисперсностью следующих материалов: оксида железа (Fe_2O_3) – окислителя; оксида алюминия (Al_2O_3) – инертной добавки; алюминия – восстановителя.

СВС – наиболее современный, но и мало изученный способ обработки металлов, который нашел применение для решения ряда технологических задач. Реагенты в СВС процессах используются в виде тонкодисперсных порошков, тонких плёнок, жидкостей и газов. К настоящему времени наиболее распространены два типа систем: смеси порошков (спрессованные или насыпной плотности) и гибридные системы газ-порошок или спрессованный агломерат.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) представляет собой высокоинтенсивное экзотермическое взаимодействие химических элементов в конденсированной фазе, способные к самопроизвольному распространению в виде волны горения [3, 4, 5, 6, 7]. Нанесение защитных покрытий на рабочую поверхность материала методом СВС осуществляется как в режиме горения, так и в режиме теплового самовоспламенения.

Химический механизм процесса может быть представлен следующим выражением:



где Q – тепловой эффект;

X – Ti, Zr, Fe, V, Nb, Ta, Mo, W и др.;

Y – B, C, N, Si, Se, S, Al и др.;

Z – бориды, карбиды, нитриды, силициды и др.

Элементы X представляют собой порошки металлов; Y – используются в порошкообразном, жидком или газообразном состояниях; продукт Z является тугоплавким и при температуре горения находится обычно в твердом состоянии. Элементы X (металлы) играют роль горючего; элементы Y (неметаллы) – роль окислителя. Химическое взаимодействие элементов протекает в конденсированной фазе даже в случае, если один из реагентов газ. В большинстве сочетаний взаимодействие X с Y происходит с выделением большого количества тепла, что и предопределяет возможность горения. Таким образом, СВС представляет собой сильноэкзотермическое взаимодействие химических элементов в конденсированной фазе, протекающее в режиме горения.

СВС является одним из самых высокотемпературных процессов горения ($t_z = 2500\text{--}4000$ °C).

Одним из таких методов является метод силицирования чугуна и стали в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, предложенный доктором технических наук Середой Б. П. Суть данного метода заключается в нанесении защитных покрытий на рабочую поверхность материала методом СВС как в режиме горения, так и в режиме теплового самовоспламенения.

При силицировании чугуна химико-термическую обработку проводили в реакторе открытого типа ($P = 105$ Па) в рабочем интервале температур $950\text{--}1050$ °C при общей продолжительности изотермической реакции $2\text{--}6$ ч как одновременно, так и для последовательного насыщения. Толщина силицированных слоев на чугуне достигла 160 мкм (рис. 3) [6, 7].

На основании предложенного метода магнитодинамической обработки расплавов, который позволяет получать более мелкодисперсную структуру материала и получение высоких эксплуатационных свойств расплава, возможно при использовании СВС реакций и специального обкатного инструмента, работающего по схеме, предложенной кандидатом технических наук Скоробагатько Ю. П., управлять процессом СВС горения и получаемыми в результате свойствами поверхностного слоя деталей [7].

Твердопламенное горение в магнитном поле (до 2,5 кЭ) заметно возрастает. Наиболее сильный магнитный эффект наблюдается для образцов насыпной плотности. В магнитном поле так же возрастает температура горения, расширяются пределы горения, а так же растет полнота реагирования. Обнаружены изменения структуры горящего образца [3].



Рис. 3. Структура силицированной стали ШЧ15

На основании проведенного анализа предложена структурная схема метода обработки с использованием СВС покрытий в магнитном поле (рис. 4).

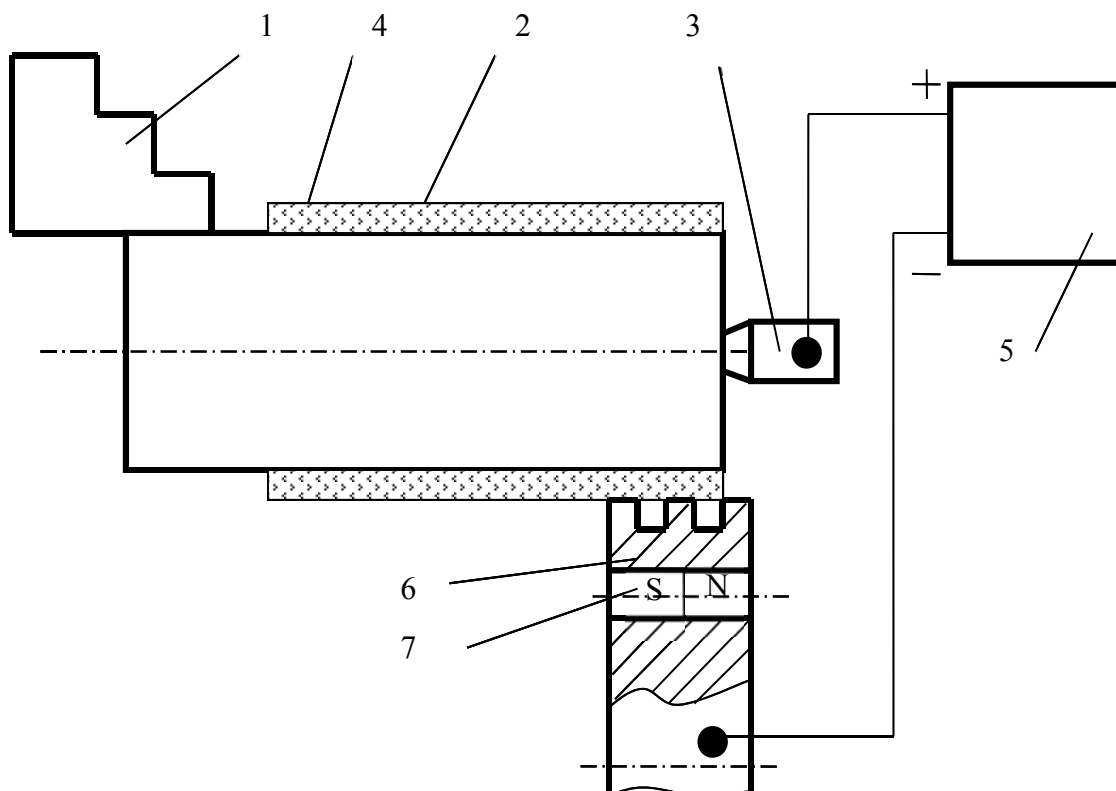


Рис. 4. Структурная схема установки для метода повышения качества поверхностного слоя

На деталь 2, установленную в трехлачковый самоцентрирующий патрон 1 и задний центр 3, с заранее подготовленной поверхностью, наносится слой СВС смеси 4. С источника постоянного тока 5 поступает ток, и цепь замыкает обкатной ролик 6, который играет роль

инициатора твердопламенного горения. Обкатной ролик 6 имеет специальную конструкцию и оснащен постоянными магнитами 7, располагающимися с определенной периодичностью по периметру ролика.

СВС покрытие 4, которое предварительно подготавливается, наносится тонким слоем на подготовленную поверхность деталей. В качестве основных составляющих СВС порошка являются оксид железа Fe_2O_3 и алюминиевый порошок Al. Составляющие смеси имеют дисперсность 100–130 мкм. Связующим элементом может выступать эпоксидная смола, силикатный клей и другие материалы. Полученная смесь является токопроводящей и имеет возможность наноситься на любую криволинейную поверхность.

Данная схема позволяет понять суть гипотезы комбинированного метода упрочнения с использованием СВС в магнитном поле для повышения качества поверхности.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ методов упрочнения и параметров качества позволяет сделать вывод о надобности упрочнения только лишь поверхностных слоев деталей машин.

Существующие методы повышения качества поверхностного слоя являются энергоемкими и относительно дорогостоящими. Альтернативой данным методам может послужить выдвинутая гипотеза.

Ранее исследуемые методы упрочнения с помощью СВС поверхностных слоев чугуна, стали, позволили изучить их микроструктуру, определить микротвердость, а также разработать технологию поверхностного упрочнения для данного вида высокоуглеродных материалов, но эти методы требуют определенных условий обработки и агрегатов, которые в свою очередь дают ограничения по габаритам обрабатываемых деталей.

Предложенная гипотеза нуждается в дальнейших разработках, исследованиях, которая позволит получать требуемые параметры поверхностного слоя, исключить межцеховые перемещения деталей и использование специализированного оборудования для повышения качества поверхностного слоя деталей машин.

Заменяя термообработку данным методом, при условии получения требуемых параметров поверхностного слоя, экономится достаточно много энергии и норм времени, особенно для крупногабаритных деталей машин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин / И. М. Жарский, И. Л. Баршай, М. А. Свидунович, Н. В. Спиридонов. – Высшая школа, 2005. – 295 с.
2. Сулов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А. Г. Сулов. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
3. Мержанов А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез в химии и технологии тугоплавких соединений / А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская // ВХО. – 1979. – Т. XXIV. – № 3. – С. 223–227.
4. Амосов А. П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов : учебное пособие / А. П. Амосов, И. П. Боровинская, А. Г. Мержанов; под науч. ред. В. Н. Анциферова. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 471 с.
5. Покрытия на основе хрома и бора, полученные методом СВС / В. Е. Архипов, Л. И. Куксенова, Г. В. Москвитин, А. Н. Поляков // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2008. – № 4. – С. 28–32.
6. Серeda Б. П. Силицирование чугуна и стали в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / Б. П. Серeda, И. В. Палехова // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2006. – № 2. – С. 66–69.
7. Серeda Б. П. Исследование поверхностного упрочнения чугунов в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза : монография / Б. П. Серeda, Н. Е. Калініна, І. В. Кругляк. – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2004. – 230 с.
8. Скоробагатько Ю. П. Металознавство та обробка металів / Ю. П. Скоробагатько // Фізичне модифікування заевтектичних алюмінієвих сплавів з використанням електромагнітної дії. – 2011. – № 4. – С. 44–49.