

## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ И АЗОТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Германова В.А., Нигметзянов Р.И., Сидоренко А.В.**

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет  
г. Москва, Россия, E-mail: lefmo@yandex.ru*

Получение готового продукта одним способом или методом, основанном на единственном физическом и химическом явлении, в современном машиностроении является уникальным случаем. В основном, результат достигается при выполнении определенной последовательности действий, каждая из которых решает одну или несколько смежных задач, что собственно и определяет технологию. Или же один метод ускоряет процессы другого метода воздействия.

На данном этапе развития науки ранние открытые методы настолько сильно исследованы, что не позволяют создавать прорывных технологий. Комбинирование или совмещение различных по сути процессов дают зачастую уникальные результаты. Наглядным примером является ультразвуковая очистка. Оптимизируя режимы обработки, достигается максимальный эффект от механизмов ультразвука, таких как кавитация, акустические потоки и ряда других не менее значимых. Но при этом требуется правильный подбор химической среды для растворения загрязнений. Результатом же является достижение почти 100% степени очистки.

Спектр применения ультразвука велик и не ограничивается только очисткой. Так при поверхностно-пластическом деформировании (ППД), наложение ультразвуковых колебаний дает значительные результаты. Это не только увеличение твердости поверхностного рабочего слоя, но возможность управлять геометрическими параметрами поверхности. Альтернативой ультразвуковому ППД является термическая или химико-термическая обработка (ХТО).

Область применения ультразвукового ППД и ХТО направлена на повышение эксплуатационных свойств деталей машин, работающих в условиях интенсивного износа, неблагоприятных воздействия окружающей среды и при высоких контактных нагрузках. Для них здесь требуется достижение высокой надежности и ресурса.

В зависимости от деталей машиностроения применяется тот или иной способ обработки. Среди деталей, которые обрабатываются методами химико-термической обработки, можно выделить следующие: шестерни, рессоры, плунжерные пары, пружины, шаровые пальцы, стопорные кольца, клапаны и т.д. Для обработки таких деталей, как зубчатые колеса, поршни, цилиндры, сварные конструкции, инструменты и т.д. прекрасно подходят методы поверхностного пластического деформирования. Такие детали как валы, оси и подшипники могут подвергаться и химико-термической обработке и поверхностному пластическому деформированию.

Среди многих методов химико-термической обработки для упрочнения разнообразных сталей и сплавов вот уже более 60 лет широко применяется азотирование. Стойкость азотированного слоя сохраняется до 500°С. Азотирование является финишной операцией, при которой отсутствуют коробление детали по сравнению с закалкой. Основное преимущество азотирования заключается в вариативном изменении состава и строения диффузионного слоя. Однако, азотирование имеет и ряд своих недостатков, среди которых главным является большая длительность процесса (например, для получения упрочненного слоя глубиной 0,5 мм требуется не менее 50 ... 100 ч.) [1].

Все больше в машиностроении находит применение ультразвуковое ППД, относящееся к группе динамических методов поверхностного пластического деформирования и отличается от вибрационного обкатывания тем, что инструмент совершает колебания с ультразвуковой частотой. Ультразвуковое поверхностное пластическое деформирование обеспечивает большую пластическую деформацию по сравнению с другими видами ППД. Одновременно с пластическим деформированием увеличивается плотность дислокаций, что ведет к увеличению твердости поверхности. Применение ультразвукового поверхностного пластического упрочнения, как и

азотирование, повышает износостойкость, способствует повышению усталостной и коррозионно-усталостной прочности, но при этом уменьшает показатели шероховатости поверхности. К недостаткам данного метода, можно отнести: сложность процесса, отсутствие повышения геометрической точности детали, образование напылов на торцевых поверхностях деталей, а также ультразвуковое ППД деформирование не подходит для тонкостенных и неравнопрочных деталей [4].

Ультразвуковое поверхностное пластическое деформирование позволяет получить большой по глубине наклёпанный слой, но при этом микротвёрдость поверхности при азотировании увеличивается намного больше.

Качественно новые результаты может дать совместное применение азотирования и ультразвуковых колебаний. Из работ Ю.М. Лахтина, следует, что наложение ультразвуковых колебаний во время процесса азотирования в газовых и жидких средах позволяет сократить время азотирования в 1.5 раза. Ускорение процесса азотирования объясняется увеличением плотности дислокаций, образованием большого количества избыточных вакансий, образовавшихся в результате деформации и увеличением адсорбционной способности поверхности при взаимодействии упруго – пластических деформаций ультразвуковых волн с кристаллической решеткой обрабатываемого металла [3].

В результате комбинированной обработки химико-термическими методами и ультразвуковыми колебаниями существенно изменяются параметры поверхностного слоя. Среди геометрических параметров можно выделить изменение шероховатости поверхности, а среди физических параметров следует отметить изменение плотности, строения и фазового состава поверхностного слоя. Влияние на механические свойства проявляется в увеличении твердости, прочности и износостойкости изделий машиностроения.

При комбинированной обработке достигается наибольший эффект по твердости, а также по глубине упрочнения. По сравнению с газовым азотированием, применение последующей обработки ультразвуковым поверхностным пластическим деформированием позволило увеличить твердость поверхности до 1,5 раз, а глубина упрочненного слоя увеличилась в 6 раз. Возрастание твердости объясняется ультразвуковым упрочнением азотированного слоя, а увеличение глубины поверхностного слоя связано с повышением эффективности передачи энергии [1].

Увеличение глубины и твердости упрочняемого слоя, подтверждаются исследованиями Ковалевской Ж.Г., Кукаренко В.А., где использовалось не газовое азотирование, а ионное азотирование при 500°С [2].

Отдельное направление для исследований занимает изучение шероховатости поверхности после применения химико-термической обработки с последующим поверхностным пластическим деформированием. Известный факт, шероховатость поверхности увеличивается после применения азотирования. Причем при одних и тех же параметрах (температуры и длительности процесса) это увеличение различно. Применение последующей безабразивной ультразвуковой финишной обработки позволит снизить шероховатость поверхности.

Согласно данным по исследованиям шероховатости, представленным учеными из Восточно-Сибирского государственного технологического университета, применение безабразивной ультразвуковой финишной обработки позволяет в значительной степени снизить высоту микронеровностей, вызванных химико-термической обработкой [5].

Положительные эффекты применения комбинированной химико-термической обработки с ультразвуковыми колебаниями наблюдались на сталях 40Х, 45, штамповых и инструментальных сталях.

Таким образом, применение комбинированной обработки поверхностного слоя для достижения высоких эксплуатационных свойств деталей из других сталей и сплавов остается перспективным направлением в области машиностроения.

**Список литературы:**

1. Александров В.А., Казанцев В.Ф., Фатухин Д.С.. Формирование поверхностного слоя методом комплексного ультразвукового воздействия и азотирования. Научеёмкие технологии в машиностроении. – 2013. – №3. – С. 33–36.
2. Ковалевская Ж.Г., Кукаренко В.А.. Особенности формирования азотированных слоев в пластически деформированной стали 40Х, обработанной интенсивными потоками ионов азота. Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т 324, № 2. – С. 118–127.
3. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.
4. Приходько В.М. Ультразвуковые технологии при производстве и ремонте техники. Издательство «Техполиграфцентр», 2000. – 253 с.
5. Хараев Ю.П., Грешилов А.Д., Куркина Л.А., Федотов Н.И. Финишная обработка поверхности после химико–термической обработки. Ползуновский вестник. – 2012. – №1. –С. 305–307.