

УДК 621.789

**Повышение нагрузочной способности изделий методом
электромеханической обработки**

Паршиков О.Н., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии машиностроения»*

Научный руководитель: Яковлева А.П., к.т.н. доцент

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

bauman@bmstu.ru

Результаты большого количества экспериментальных работ и обобщения эксплуатационных данных показывают, что с увеличением твердости контактирующих поверхностей деталей машин существенно возрастает их несущая способность. Ответственные детали станков, такие как шпиндели, ходовые винты, зубчатые колеса, пиноли задних бабок и т. д. без предварительной термической обработки в настоящее время почти не применяют. Для повышения износостойкости и контактной прочности деталей применяют следующие методы поверхностного упрочнения: цементация, нитроцементация, закалка ТВЧ, лазерная закалка, а так же поверхностно-пластическое деформирование (ППД).

Цементация - наиболее распространенный способ поверхностного упрочнения, обеспечивающий высокую твердость и наибольшую несущую способность тяжело нагруженных деталей. Несмотря на то, что процессы химико-термической обработки применяются давно хорошо изучены, цементация имеет ряд существенных недостатков: нестабильность качества, длительность ХТО, а главное, значительная деформация деталей и расход электроэнергии. Например, для получения цементированного слоя глубиной 0.9..1.2 мм., длительность процесса составляет 16..18 часов. При этом получение качественной структуры цементированного слоя определяется поверхностной твердостью, глубиной слоя, концентрацией углерода, прочностью сердцевины и является

сложной задачей. В связи с этим, результаты испытаний цементированных деталей характеризуются большим разбросом показателей прочности и выносливости, что указывает на недостаточную управляемость химико-термической обработки (ХТО). Дополнительная трудоемкость ХТО связана с необходимостью защиты от цементации поверхностей, на которых не требуется упрочнение. В качестве защитных покрытий используется меднение, которое не обеспечивает надежного предохранения от цементации. Вследствие этого при последующей закалке эти поверхности получают высокую твердость. Последующая механическая обработка представляет технологические трудности.

Азотирование- по сравнению с цементацией обеспечивает более высокую поверхностную твердость при меньшей степени деформации. При этом сам азотированный слой характеризуется крайне низкими механическими свойствами (0.1 от прочности сердцевины). Вследствие этого при эксплуатации часто наблюдаются сколы и выкрашивания азотированного слоя. Азотирование обеспечивает повышение выносливости при шероховатости поверхности не ниже $Ra=1.25$ мкм.. При большей шероховатости возможны сколы азотированного слоя. Основными недостатками азотирования являются длительность и энергоемкость процесса, требование защиты незазотированных поверхностей, коробление деталей. Например для получения глубины слоя 0.4- 0.7 в гильзе цилиндра технологическое время составляет 42 часа. К другим недостаткам можно отнести применение дорогостоящего оборудования и сложность подготовки поверхности под азотирование.

Закалка ТВЧ- применяется с целью повышения контактной и усталостной прочности деталей, изготовленных из углеродистой стали. Закалка ТВЧ имеет ряд преимуществ перед ХТО: сниженная длительность технологического цикла, уменьшение коробления деталей и сокращение расхода электроэнергии. Высокая усталостная прочность упрочненной ТВЧ поверхности определяется благоприятным распределением остаточных напряжений, однако при более сложной конфигурации, например для зубчатых колес, ступенчатых валов, повышение усталостной прочности в сильной степени зависит от радиуса кривизны галтели, марки стали, глубины слоя. При повышении содержания углерода в стали создается неблагоприятное распределение остаточных напряжений, и, как следствие, повышается склонность к образованию трещин. Закалка ТВЧ с выходом закаленного слоя у

основания галтели снижает циклическую прочность на 50% по сравнению с объемной закалкой. Наличие в галтели растягивающих напряжений от обрыва закаленного ТВЧ слоя, является причиной разрушения зубчатых колес тепловозов, автомобилей, станков. Во всех случаях разрушение было усталостного характера и происходило по неупрочненной впадине, в месте концентрации напряжений в галтели. Для зубчатых колес среднего модуля (2..4 мм.) применяют одновременную закалку всех зубьев. Вследствие сквозной прокаливаемости зубья имеют низкую пластичность и вязкость. В результате такой увеличивается контактная прочность и износостойкость зубьев, однако снижается усталостная прочность. В ремонтном производстве в условиях широкой номенклатуры и малых партий деталей применение ТВЧ не выгодно в следствии затрат на отработку технологии, изготовление инструментов и т.д.. Для деталей сложной формы и закалки труднодоступных поверхностей ТВЧ так же не всегда применима.

При закалке ТВЧ деталей жесткой конструкции, длинных валов наблюдается значительное коробление в связи с неравномерностью нагрева и охлаждения и фазовыми превращениями при образовании мартенситной структуры. Это требует трудоемких операций правки.

Кроме того большие капитальные затраты, связанные со стоимостью установки и производственной площадью для нее (по нормам 30 кв. м.), ограничивают применение ТВЧ.

Лазерная закалка. Сущность лазерной закалки заключается в том, что на обрабатываемую поверхность направляется сфокусированный луч от оптического квантового генератора (ОКТ) и вследствие локального кратковременного теплового воздействия происходят фазовые превращения в материале поверхностного слоя детали. Скорость нагрева при лазерном облучении очень высока (до 10^5 C/сек). За очень короткое время поверхностные слои успевают нагреться до высоких температур, расплавиться и перегреться. Охлаждение осуществляется за счет теплоотвода в материал детали. Зона термического влияния (ЗТВ) у всех сталей из двух слоев из 2х слоев: первый слой - светлая полоска (белый слой) наблюдается и при других видах высокоскоростной термообработки, например электромеханической, электроннолучевой и т.д.. Одной из причин появления белой полоски является насыщение поверхности азотом воздуха. Второй слой является переходным от слоя с повышенной микротвердостью исходной структуры. Глубина и микротвердость слоев при одинаковых режимах обработки зависит от содержания углерода

в сталях. Белая полоска первого слоя представляет собой мелкодисперсный бесструктурный мартенсит. Второй слой состоит из феррита и мартенсита. Такая структура характерна для доэвтектоидных сталей при неполной закалке.

Лазерная закалка -один из наиболее эффективных видов лучевой технологии. Ей присущи все основные достоинства лазерной технологии. Малый удельный расход электроэнергии, низкий уровень загрязнения окружающей среды, большая гибкость в управлении и возможность упрочнения труднодоступных поверхностей. Следует указать также отсутствие коробления деталей, что позволяет использовать лазерную закалку как заключительную операцию технологического цикла и применять лазерные установки совместно с ГПС. Недостатками лазерной закалки являются: большие капитальные затраты вследствие дороговизны установок и сложностью их обслуживания, требование подготовки поверхности под лазерное упрочнение, вредные условия труда, связанные с особенностями работы оптических квантовых генераторов (ионизационное излучение, яркий свет и т. д.).

Анализ существующих методов упрочнения деталей показывает, что традиционные методы такие как цементация, азотирование не пригодны для закалки деталей в условиях малых серий и ремонтного производства. Установки для упрочнения дороги, сложны в установке и эксплуатации.

Простым и эффективным методом упрочнения поверхностного слоя деталей является ЭМО. Создаваемый локальный нагрев облегчает деформирование металла поверхностного слоя и способствует его упрочнению и быстрому охлаждению. Обработка осуществляется на универсальных токарно-винторезных станках, подвергнутых модернизации, хорошо встраивается в технологический поток и не требует высокой квалификации исполнителя. При прохождении электрического тока через пятно контакта происходит нагрев со скоростью сотен градусов в секунду, температура может достигать 1000°C . Зона обработки постоянно охлаждается струей жидкости и скорость охлаждения нагретого объема металла составляет тысячи градусов в секунду. В результате кратковременности процесса не происходит выгорания легирующих элементов, а поверхностный слой приобретает специфическую ориентированную структуру, высокую твердость, сжимающие остаточные напряжения. Такая закалка поверхностного слоя не

требует последующего отпуска. Процесс более производительный по сравнению с химико-термическими методами, в особенности для небольших партий деталей.

Электромеханическое упрочнение характеризуется следующими особенностями:[3]

1. Тепловое и механическое воздействие на поверхность детали осуществляется одновременно, а не последовательно;
2. Нагрев поверхностного слоя происходит от двух источников: внешнего (теплота трения) и внутреннего (теплота от прохождения электрического тока);
3. Продолжительность нагрева и выдержки, в зависимости от поверхности контакта и скорости обкатки, относительно кратковременная (измеряется сотыми и тысячными долями секунды);
4. Высокая скорость охлаждения определяется интенсивным отводом тепла от тонкого поверхностного слоя в середину холодной детали;
5. Поверхностный слой детали поддается многократному тепловому воздействию, в зависимости от числа проходов.

На основе вышесказанного можно выделить несколько областей применения ЭМО

1. Повышение прочности на глубину 0.2 мм наружных и внутренних цилиндрических поверхностей
2. Снижение шероховатости поверхности на 1-2 класса
3. Восстановление геометрических размеров поверхности за счет высадки металла в зоне нагрева
4. Повышения адгезионной и когезионной прочности покрытия с формированием аморфной системой
5. Жесткие требования по экологичности производства
6. Необходимость обратимость нежестких изделий
7. Необходимость создания анизотропии свойств
8. Большая номенклатура обрабатываемых изделий
9. Отсутствие возможности к большим капитальным затратам

Список литературы

1. Аскинази Б. М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой.— М.: Машиностроение, 1989. С. 200.
2. Аскинази Б. М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой. - Л.: Машиностроение, 1977. С. 183.
3. Суслов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. - М.: Машиностроение, 2000. С. 320.