РАЗДЕЛ V. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Ильенко А.А.

Определение зависимостей при упрочнении низкоуглеродистых валов комбинированным методом

Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет
(Россия, Иркутск)

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-10

idsp: sciencepublic-12-05-2020-10

Научный руководитель
Зайдес С.А.

Закалка, как средство снижения износа, совершенствовалась путем применения высококонцентрированных источников поверхностного нагрева. В том числе: газопламенного, в электролите, ТВЧ, лазерным лучом и др. В 80-х гг. XX в. для поверхностной закалки начали использовать плазменную дугу. Однако интерес к ней в 90-х гг. стал снижаться, т. к. практическое применение осложнялось высокой чувствительностью качества закалки к настройке режима [1].

Как правило, поверхностный слой деталей машин наиболее подвержен высокому трению, перепадам температур, повышенным напряжениям. В нем, в первую очередь, формируются и развиваются дефекты. Так же, эта зона имеет непосредственный контакт с ответной деталью. Поэтому, от состояния поверхностного слоя зависит срок службы машин и механизмов [2-4].

В промышленности присутствует ряд способов [2-8] по увеличению прочности поверхностного слоя. Но весомое количество этих способов требуют термическую обработку с применением печи. Таков вариант несет за собой череду неудобств для крупногабаритных деталей. Ведь не все участки детали могут быть подвергнуты термообработке. На что влияют экономические и технологические аспекты. Так же, при использовании печей технология термообработки может достигать 10 часов.

Все чаще в термической обработке находит применение такой метод как плазменная закалка. Он способствует сокращению времени технологического процесса и, несомненно, мобилен при сравнении с печами.

Задача работы – исследовать закономерности и определить параметры плазменного упрочнения в сочетании с поверхностным пластическим деформированием. В гипотезе комбинированный метод может иметь ряд преимуществ для поверхностного слоя (шероховатость, глубина науглероживания).

Работа заключалась в нанесении графитовой пасты на поверхность упрочняемого вала, применения плазменного упрочнения и далее ППД.

В процессе были выведены некоторые зависимости силы тока на дуге промежутке, состава углеродосодержащего вещества. А именно, сила тока 90-110А, процентное соотношение составляющих графитовой пасты: вода 30%, жидкое стекло 30%, графитовый порошок 30%, СОЖ 10%.

Соответственно, при повышении температуры поверхностного слоя металла диффузия углерода возрастает. Была поставлена задача по определению зависимости глубины проникновения углерода в металл от времени. График предоставляет понимание того, что при увеличении времени нагрева металла локально происходит оплавление. Исходя из соображений последующей обработки вала, а именно токарного точения, выбрано время действия дуги на мм длины упрочняемого участка 0,35-0,4 сек. Оплавление в таком случае составляет 170-200 мкм. При силе тока 90-110 А. На последующую обработку по литературным источникам рекомендуется закладывать 0,1 мм [7]. Следовательно, после точения остается упрочненного рабочего слоя около 0,1 мм. Увеличение времени работы плазменной дуги на участке длины, конечно, приведет к более высокой диффузии углерода в металл, но это вызовет возникновение обширной сварочной ванны. А это чревато стеканием металла, так как сила поверхностного натяжения не будет удерживать каплю в ванне из-за постоянного вращения вала.

Теперь стоит затронуть вопрос зависимости шероховатости от нагрузки на образец. Забегая вперед, можно сказать о том, что профильный радиус ролика влияет на величину приложенного на него усилия. То есть, профиль ролика может нивелировать нагрузку при сохранении показателей шероховатости.

В измерениях участвовал ролик с симметричным профильным радиусом 3 мм. Его твердость превышает показатели твердости упрочненного вала плазменной обработкой и составляет около 58 единиц. Тем самым можно исключать тот факт, что ролик не выполняет работу. Остается проводить измерения по подбору нагрузки на этот ролик. Что и было сделано. Остальные графики показывают комплексное применение упрочнения (Плазм.+ППД).

При изучении нескольких вариантов нагрузки и измерении шероховатости можно сделать вывод, что наиболее адекватное усилие составляет диапазон 140-160 кгс. На графике не изображена диаграмма шероховатости только при плазм. упрочнении. Показатели составляют 4-6 мкм. Следовательно, с применением ППД шероховатость стремится к 0,5 мкм.

С минимальными усилиями есть некая ясность. Ролику не хватает нагрузки для «разглаживания» поверхностного слоя. А как объясняется увеличение шероховатости при сопутствующем увеличении нагрузки? Пятно контакта у симметричного ролика имеет более правильную форму овала в сравнении с асимметричным. Это приводит к тому факту, что при увеличении нагрузки на поверхностном слое возникают наплывы металла. Тем самым изменяется шероховатость в худшую сторону.

Теперь встал вопрос о зависимости шероховатости поверхностного слоя от шага подачи при обкатывании. Ведь этот параметр напрямую влияет на качество

поверхностного слоя. Логично, чем выше скорость подачи при обкатке, тем больше ухудшается поверхность. Объясняется это тем, что при параллельном осевом движении ролика на упрочняемом валу возникают «волны или наплывы». Цементит (поверхностный слой вала) имеет высокий коэффициент текучести, но предел, все же имеется.

Соответственно, на графике наблюдаем так называемый «провал» в шероховатости. Самая оптимальная подача колеблется в пределах 0,1-0,2 мм.

Так же были измерены показатели микротвердости в зависимости от углубления в металл. Представлен график.

Как можно наблюдать, с применением комплексного упрочнения изменения в показателях микротвердости минимальны.

Стоит отметить влияние комплексного метода на изменение шероховатости поверхностного слоя. Графики, которые сейчас представлены в данной работе, показывают зависимости. По соотношению именно зависимостей можно наглядно определить минимальные и максимальные значения при всех возможных показателях.

В ходе работы возникла теория о влиянии профильного радиуса упрочняющего ролика на поверхностный слой, в частности, на шероховатость. Была спроектирована модель обкатки вала в ПО.

Ниже представлены пятна контакта, для сравнения, двух роликов. Пятно контакта от асимметричного ролика:

Это пятно контакта от симметричного ролика:

Все масштабы одинаковые. Соответственно, можно сделать вывод, что при меньших нагрузках на упрочняемую деталь асимметричный ролик будет совершать работу качественнее в плане шероховатости.

Заключение

В ИРНИТУ была разработана методика по плазменному упрочнению деталей машин типа валов. Она взята за основу для цементации поверхностного слоя с последующим пластическим деформированием. В работе выявлены зависимости глубины цементации от времени работы, шероховатости от нагрузки на образец, шероховатости от шага подачи, определено изменение микротвердости в зависимости от углубления в металл.

1. Коротков В.А. Поверхностная плазменная закалка/ В.А. Коротков, Нижний Тагил, НТИ (филиал) УрФУ, 2012-64с.
2. Зайдес С.А., Емельянов В.Н. Влияние поверхностного пластического деформирования на качество валов. Из-во ИрНИТУ, 2017-380с.
3. Елизаветин М.А. Повышение надежности машин.- М.: Машино-строение, 1973-431с.
4. Зайдес С.А., Горбунов А.В. Определение механических свойств поверхностного слоя маложестких валов, упрочненных поверхностным пластическим деформированием// Упрочняющие технологии и покрытия. – 2015-№3. – с 15-19.
5. Лахтин Ю.М. Химико- термическая обработка металлов/ Ю.М. Лахтин Б.Н. Арзамасов. – М.: Металлургия, 1985 г., 256 с.
6. Верхотуров А.Д. Исследование процесса формирования поверхностного слоя титанового сплава при электроискровом легировании с учетом критерия теплового воздействия систем/ А.Д. Верхотуров, А.В. Козырь, Л.А. Коневцев// Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. Технического университета. 2015 г., №1. с. 68-75
7. Балановский А.Е. Плазменное поверхностное упрочнение металлов/ А.Е. Балановский. Иркутск: Из-во ИрГТУ, 2006.-180с.

8. Лашенко Г.И. Плазменное упрочнение и напыление/ Г.И. Лашенко. Киев, Экотехнология, 2003-64с.
9. Katsamas A.I., Haidemenopoulos G.N. Laser-beam carburizing of low-alloy steels // Surface and Coatings Technology.–2001. –Vol. 139. –Pp. 183-191.
10. Ву Ван Гюи, Балабанский А.Е. Исследование износостойкости поверхности стали после плазменной цементации с использованием углеродосодержащей пасты// Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017, 12 с.

Махнутин А.В., Сальников А.Ф.

Анализ изменения собственных частот ротора турбомашин под влиянием динамических нагрузок

*Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет
(Россия, Пермь)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-05-2020-11

idsp: sciencepublic-12-05-2020-11

Аннотация

Рассматривается задача динамических проявлений в системе ротор-статор нагнетателя центробежного через условия взаимодействия элементной базы турбомашин и динамических нагрузок, включающих в себя амплитудно-частотные характеристики, во время эксплуатации.

Ключевые слова: ротор, нагнетатель центробежный, собственные колебания, частоты, динамические нагрузки.

Динамический анализ любого механизма или агрегата в первую очередь направлен на выявление условий взаимодействия его элементной базы и динамических нагрузок. Данные нагрузки могут достигать существенных значений в определенный момент времени во время эксплуатации механизма. Особенно это может проявляться в энергетических агрегатах, в которых ротор является источником возникновения дополнительных динамических нагрузок.

Таким образом, анализ возможных динамических проявлений и взаимодействий в роторных системах является актуальной задачей исследований, которой уделяется внимание в инженерных расчетах при создании и отработке изделия, с целью снижения уровня динамического проявления нагрузок, возникающих в процессе его эксплуатации, следовательно, повышения работоспособности его элементной базы. В данной работе рассматриваются условия возможного взаимодействия динамических процессов в нагнетателе центробежном (НЦ) газоперекачивающего агрегата через условия частотного взаимодействия элементной базы и динамических нагрузок, возникающих в процессе его эксплуатации.

Ротор в турбомашине – это реальная механическая система и как всякая механическая система в той или иной степени нелинейна. В случае с НЦ влияние нелинейности можно применить к ротации масс элементной базы турбомашин, а, следовательно, к появлению дополнительных динамических нагрузок.

В рамках данной задачи разработаны математическая модель и автоматизированный вычислительный алгоритм исследования динамического поведения элементной базы центробежного нагнетателя при его работе с учетом волновых взаимодействий его конструктивных элементов и узлов в процессе изменения физико-механических свойств во времени. На основе анализа реальных конструкций элементной базы НЦ математического моделирования динамического поведения ротора в процессе его функционирования с учетом взаимовлияния элементов статора.