

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Азадський університет
Каракалтакський державний університет
Київський національний університет технологій та дизайну
Луцький національний технічний університет
Національна металургійна академія України
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Одеський національний політехнічний університет
Сумський національний аграрний університет
Східно-Казахстанський державний технічний
університет ім. Д. Серікбаєва
Технічний університет Кошице
Українська асоціація якості
Українська інженерно-педагогічна академія
Університет Барода
Університет ім. Й. Гуттенберга
Університет «Politechnika Świętokrzyska»
Харківський національний університет
міського господарства ім. О. М. Бекетова
Херсонський національний технічний університет

СИСТЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАНОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО. ІНДУСТРІЯ 4.0. СУЧАСНИЙ НАПРЯМОК АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБМІНУ ДАНИМИ У ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції
(м. Суми, 22–26 травня 2017 року)



Сайт конференції: <http://srpv.sumdu.edu.ua>.

Суми
Сумський державний університет
2017

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ВАЛОВ ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Часть 1 (влияние ЭЭЛ+ППД на микротвердость поверхностного слоя)

Тарельник В.Б., д.т.н., Волошин И.Е., Волошко Т.П., СНАУ, г. Сумы

Постановка проблемы

Немаловажное значение в практике машиностроения имеют покрытия, которые могут быть сформированы различными способами. Основной их задачей является улучшение качественных параметров поверхностного слоя деталей машин: повышение микротвердости, износостойкости восстановление участков поверхности и др.

Одной из перспективных технологий повышения качества поверхностей деталей является метод электроэрозионного легирования (ЭЭЛ). Он универсален и используется для: увеличения твердости, коррозионной стойкости, износо- и жаростойкости; снижения способности к схватыванию поверхностей при трении; восстановлению размеров деталей машин и механизмов; проведения на обрабатываемой поверхности микрометаллургических процессов для образования на ней необходимых химических соединений; создания на рабочей поверхности переходных слоев определенной шероховатости и др. [1].

Несмотря на неоспоримые достоинства метод ЭЭЛ имеет и ряд недостатков (увеличение шероховатости поверхности, возникновение в поверхностном слое растягивающих остаточных напряжений, снижение усталостной прочности), которые нередко ограничивают его применение для более широкого круга деталей машин.

С целью повышения таких эксплуатационных характеристик деталей, как выносливость, износостойкость все шире применяют методы поверхностного пластического деформирования (ППД). Очевидно, применение ППД в сочетании с ЭЭЛ поверхностного слоя представляет особый интерес, так как эти технологии взаимно дополняют друг друга [2-4]. Работы, проводимые в этом направлении актуальны.

Целью работы является повышение качества поверхностей валов роторов динамического оборудования при их изготовлении и ремонте путем определения алгоритма расчета технологических параметров воздействия методами ППД на поверхности подверженные ЭЭЛ.

Методика исследований

Для исследований влияния ППД на шероховатость, микротвердость и другие свойства поверхностного слоя с КЭП изготавливали образцы из стали 45 и 40Х ($D_{нар} = 50$ мм, $L = 200 - 250$ мм), по всей поверхности которых проводилось ЭЭЛ твердыми износостойкими (хром, твердые сплавы группы ВК сплав ВНС-2 и др.) и мягкими антифрикционными (индий, медь, олово и др.) материалами в различной последовательности на установках ЭЭЛ как с ручным вибратором, так и механизированных. Затем на каждом образце

проводилось ППД методами алмазного выглаживания (АВ), и обкаткой шариком (ОШ). Каждому режиму соответствовала дорожка на образце шириной 10 - 15 мм. АВ выполнялось на токарном станке с помощью пружинно-гидравлического приспособления выглаживателями АСПК-3 с радиусом вершины $R = 3, 4$ мм в зависимости от твердости покрытия при скорости $V = 40... 80$ м/мин, усилия выглаживания $P = 60...350$ Н и подаче $S = 0,02...0,07$ мм/об. ОШ проводилась на токарном станке пружинно-штоковым приспособлением с шариковыми головками $\varnothing 10$ и $\varnothing 19$ мм. Максимальное усилие обкатки для шарика $\varnothing 10$ мм - 1200 Н, а для $\varnothing 19$ мм - 3000 Н. Подача $S = 0,05...0,21$ мм/об, скорость $V = 30$ м/мин. Смазка производилась индустриальным маслом.

После упрочнения ППД из каждого образца с каждой дорожки вырезались сегменты, из которых, в свою очередь, изготавливались шлифы для проведения металлографических исследований структуры упрочненного слоя, микротвердости, сплошности и т.п. Исследование осевых остаточных напряжений, являющихся наиболее опасными для валов, проводили на призматических образцах из стали 45 размером 70 x 5 x 2 мм по методике И.А. Биргера путем послойного электрополирования напряженных слоев на установке типа «Пион». По результатам исследования строились графики распределения остаточных напряжений по глубине для образцов различных серий. В каждой серии исследовалось не менее трех образцов. Состояние поверхностного слоя при исследовании остаточных напряжений определялось для следующих серий: ЭЭЛ Cu; ЭЭЛ Cu + ЭЭЛ Cr; ЭЭЛ Cu + ППД; ЭЭЛ Cu + ЭЭЛ Cr + ППД.

Следует отметить, что ЭЭЛ медью и хромом производилось на установке с ручным вибратором «УИЛВ - 8», соответственно, при токе короткого замыкания $I_{к.з.} = 0,5 - 0,6$ А; напряжении холостого хода $U_{х.х.} = 56,1$ В; емкости накопительного конденсатора $C = 20$ мкФ и $I_{к.з.} = 2,0 - 2,2$ А; $U_{х.х.} = 68,7$ В; $C = 300$ мкФ. ППД покрытия из меди производилось ОШ $\varnothing 19$ мм с усилием 500 Н, а КЭП ЭЭЛ Cu + Cr - ОШ $\varnothing 19$ мм - с усилием 1500 Н. Усталостные испытания проводили на машине УП-50 на базе 1×10^6 циклов. Для определения предела выносливости были изготовлены натурные образцы из стали 45 с рабочим диаметром 50 мм. Предел выносливости определялся с точностью 10 МПа для тех же серий, что и при нахождении остаточных напряжений.

Обсуждение результатов исследований

Влияние удельного усилия ОШ на микротвердость слоя и подслоя образцов с КЭП показано на рис. 1.

На рис. 1, а видно, что поверхностные слои, имеющие на поверхности высокую микротвердость (11000 и 8000 МПа), соответственно для покрытий состава Cu + ВК8 и ВК8 + Cu + ВК8 с увеличением удельного усилия ОШ не упрочняются. Микротвердость более мягкого КЭП, сформированного в последовательности ВНС2 + Cu + ВНС2, которая составляет 3500 МПа с увеличением удельного усилия ОШ до $P_{ср} = 4000$ МПа, увеличивается до ~

5000 МПа, однако из-за возникновения микротрещин качество слоя ухудшается. Наиболее рациональным является интервал удельного усилия ОШ 2500...3000 МПа.

Следует отметить, что в большей степени упрочняются поверхностные слои с низким сопротивлением деформации, например, КЭП состава In + ВК8 ($H_{\mu} = 1970$ МПа). В данном случае микротвердость в поверхностном слое достигает 5000 МПа при удельном усилии ОШ $P_{cp} = 2000$ МПа. Микротвердость в переходном слое (подслое) для всех КЭП возрастает, но в различной степени. Здесь также существует закономерность - чем ниже исходная микротвердость подслоя, тем больше резервы к ее повышению. Так, микротвердость КЭП: In + ВК8, Cu + ВК8, ВК8 + Cu + ВК8 возрастает, соответственно, с 3500 до 4500; с 2500 до 4000 и с 2800 до 4000 МПа при увеличении удельного усилия ОШ до 2000 МПа и для КЭП состава ВНС2 + Cu + ВНС2 с 2540 до 5000 МПа при $P_{cp} = 4000$ МПа (рис. 1, б).

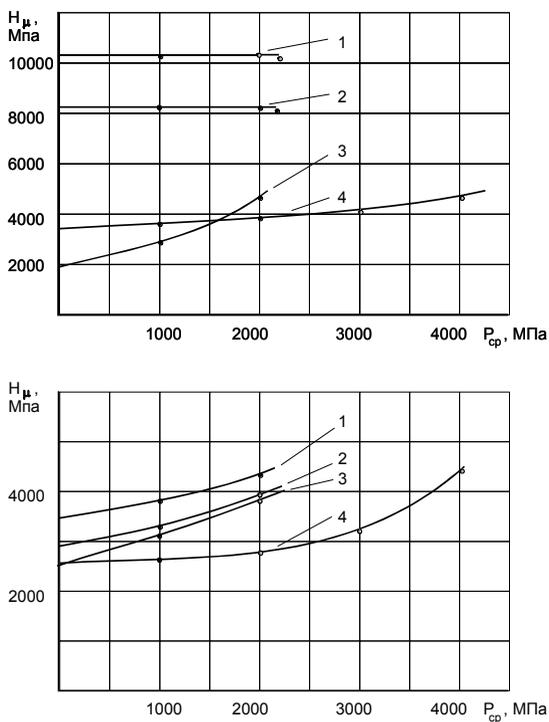


Рисунок 1 - Влияние удельного усилия ОШ на микротвердость поверхностного слоя образцов с КЭП: 1 - сталь 45, Cu + ВК8; 2 - сталь 45, ВК8 + Cu + ВК8; 3 - сталь 45, In + ВК8; 4 - сталь 40X, ВНС2 + Cu + ВНС2 (а) и подслоя образцов с КЭП: 1 - сталь 45, In + ВК8; 2 - сталь 45, ВК8 + Cu + ВК8; 3 - сталь 45, Cu + ВК8; 4 - сталь 40X, ВНС2 + Cu + ВНС2 (б).

В результате металлографических исследований образцов из стали 45 с электроэрозийными покрытиями из мягких антифрикционных металлов (олово, медь и др.) установлено, что метод АВ не рекомендуется применять для повышения их качества, так как практически на всех режимах выглаживания происходит интенсивное разрушение слоя: образование закатов, вырывов, наволакивание материала покрытия на индентор, срезание слоя и т.д.

Для повышения качества КЭП с высокой микротвердостью и низкой исходной шероховатостью возможно применение АВ.

На рис. 2 показано влияние удельного усилия АВ на микротвердость слоя и подслоя КЭП состава Cu+BK8 и BK8+Cu+BK8. С увеличением удельного усилия выглаживания до $P_{cp} = 1000$ МПа микротвердость слоя не изменяется, а затем незначительно снижается, что свидетельствует о начале разрушения покрытия, которое подтверждается фотографиями микроструктуры. Микротвердость в подслое повышается для покрытия Cu+BK8 с 2500 до 4500 МПа, а BK8+Cu+BK8 с 2800 до 5000 МПа.

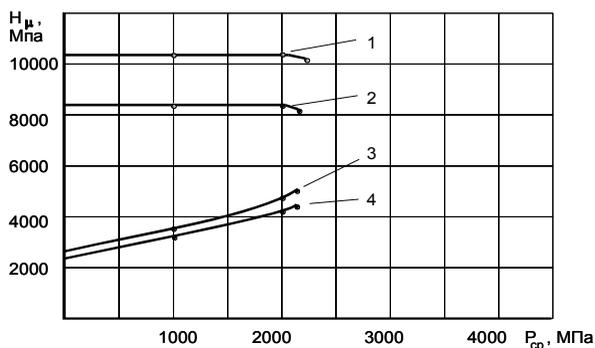


Рисунок 2 - Влияние удельного усилия АВ на микротвердость слоя (1, 2) и подслоя (3, 4) образцов из стали 45 с КЭП, соответственно, Cu+BK8 и BK8+Cu+BK8.

Наиболее рациональное удельное усилие АВ соответствует 1000 МПа.

Таким образом, для обобщения и упрощения выбора наиболее рационального усилия деформации предлагается все электроэрозийные покрытия, в зависимости от микротвердости упрочняемого участка покрытия, разбить на три группы: мягкие (< 2000 МПа), средние (2000 - 3000 МПа) и твердые (> 3000 МПа). Для мягких покрытий рекомендуются удельные усилия деформации $P_{cp} = 750 - 1250$ МПа, средних - 1300 - 1500 МПа и твердых - 2500 - 3000 МПа. Мягкие покрытия рекомендуется упрочнять ОШ. Покрытия средней твердости и твердые можно упрочнять как

ОШ, так и АВ, учитывая то, что шероховатость (Ra) исходной поверхности не должна превышать 12 мкм для ОШ и 5 мкм для АВ.

ВЫВОДЫ:

1. Экспериментально установлено, что чем ниже исходная микротвердость упрочняемого участка поверхности, тем больше резервы к ее повышению методами ППД.

2. Для обобщения и упрощения выбора наиболее рационального усилия деформации предлагается все электроэрозионные покрытия, в зависимости от микротвердости упрочняемого участка покрытия, разбить на три группы: мягкие (< 2000 МПа), средние (2000 - 3000 МПа) и твердые (> 3000 МПа). Для мягких покрытий рекомендуются удельные усилия деформации $P_{cp} = 750 - 1250$ МПа, средних - 1300 - 1500 МПа и твердых - 2500 - 3000 МПа.

Список литературы

1. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревутский В.М. – Кишинев: Штинца, 1985. – 196 с.

2. Эдигаров В.Р., Килунин И.Ю., Дегтярь В.В. Классификация комбинированных методов обработки на основе электромеханического упрочнения // Современные наукоемкие технологии.- 2012.- № 3.- С. 32-35.

3. В.И. Иванов, Ф.Х. Бурумкулов Упрочнение и увеличение ресурса объектов электроискровым методом: классификация, особенности технологии // Электронная обработка материалов, 2010, № 5, С. 27–36.

4. Романенко Д.Н. Оценка качества поверхности электроискрового покрытия после выглаживания минералокерамикой / Д.Н. Романенко // Инновационные технологии и оборудование машиностроительного комплекса: межвуз. сб. науч. тр.- Воронеж, 2007.- Вып. 10.- С.62-65.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ВАЛОВ ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Часть 2 (влияние ЭЭЛ+ППД на остаточные напряжения и усталостную прочность)

Тарельник В.Б., д.т.н., Волошин И.Е., Волошко Т.П., СНАУ, г. Сумы

Формирование покрытий методом ЭЭЛ связано с высокотемпературным воздействием источника энергии на наносимый материал и подложку, а также с образованием различных фаз в поверхностных слоях при взаимодействии наносимого и обрабатываемого материалов. Процессы нагрева и охлаждения материала электродов в зоне импульсного разряда обуславливают появление в слоях, полученных ЭЭЛ, значительных напряжений. Фазовые превращения в металлах и сплавах,