

Приложение больших энергий (свыше 2,0 Дж/мм<sup>2</sup>) приводит к местному оплавлению поверхности. Связанные с этим выплески металла способствуют увеличению высотных показателей шероховатости, а также образованию своего рода кратеров, изменяющих характер микрорельефа поверхности коренным образом.

Анализ результатов проведенных исследований приводит к выводу о том, что лазерное упрочнение, проведенное при оптимальных режимах, способствует увеличению несущей способности шероховатости поверхности и уменьшает высотные параметры. Все эти параметры, наряду с увеличением микротвердости поверхностных слоев, приводят к повышению стойкости рабочих поверхностей штампового инструмента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайленко Ф.П. Стойкость разделительных штампов. М.: Машиностроение, 1976. – 208 с. 2. Белый А.В. Поверхностная упрочняющая обработка с применением концентрированных потоков энергии. – Мн., 1990. – 78 с. 3. Коган Я.Д. Перспективы развития технологий поверхностного упрочнения материалов деталей машин и инструмента // МиТОМ. 1993. №8. С.5–9. 4. Маликов Л. С. и др. Лазерное упрочнение штампового инструмента // Технология и организация производства. – Киев, 1986. №2. С.46–48. 5. Жуков А.А., Кокора А.Н., Заря А.Н., Ермакова Т.С. Особенности структуры и свойств вырубных штампов после дополнительного поверхностного упрочнения режущей кромки при помощи лазерного излучения. – М.: АН СССР, ФИХОМ, 1977. №1. С.141–143. 6. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн. 6 Основы лазерного термоупрочнения сплавов / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высш. шк., 1988. – 159с. 7. Рыжов Э.В. и др., Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. – М., Машиностроение, 1979. – 176 с. 8. Крагельский И.В. и др., Основы расчетов на трение и износ. – М., Машиностроение, 1977. 9. Коваленко В.С. Лазерная технология. – К.: Высш. шк., 1989. – 280 с.

УДК 621.789 – 977

Г. Я. Беляев, Н. А. Сакович

## **ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ, УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

*Белорусская государственная политехническая академия  
Минск, Беларусь*

В настоящее время с целью восстановления-упрочнения деталей машин при ремонтах применяются различные виды наплавки. Однако ресурс работы восстановленных наплавкой деталей чаще бывает ниже серийных, так как в ре-

зультате наплавки не всегда удается получить покрытия с требуемыми физико-механическими свойствами.

Одним из перспективных способов повышения эксплуатационных характеристик металлопокрытий является поверхностная высокотемпературная термомеханическая обработка (ПВ ТМО), базирующаяся на создании в металлопокрытиях оптимальных для эксплуатации структуры и свойств.

В металлопокрытиях после проведения ПВ ТМО повышается характеристики вязкости разрушения, сопротивление усталостному разрушению, сопротивление контактному разрушению и износу, временное сопротивление и предел текучести при статических нагрузках [1, 2, 3].

Эффективность упрочнения металлопокрытий при ПВ ТМО определяется следующими технологическими параметрами: скоростью нагрева и температурой аустенизации, температурой и степенью деформации (наличием последеформационных выдержек), скоростью охлаждения и температурой отпуска.

Исследование влияния ПВ ТМО проводилось на цилиндрических образцах из стали 40Х, которые были предварительно наплавлены проволокой НП-65Г под слоем легированного флюса на стандартном оборудовании.

В результате наплавки были получены образцы диаметром 51 мм и длиной 400 мм при следующем химическом составе: С-0,53%, Cr-2,1%, Mn-1%, Si-0,42% и при толщине наплавленного слоя 2 мм. Затем для ПВ ТМО из образцов вырезали диски ( $\varnothing 51 \times 20 \times 15$  мм), которые устанавливались на оправку, стягивались гайкой и шлифовались по наружному диаметру.

ПВ ТМО осуществлялось на специальном устройстве, которое включало: токарный станок, накатное однороликовое или трехроликовое приспособление, установку ТВЧ типа ЛЗ-32, индуктор, охлаждающее устройство (спрейер), фотоэлектрический пирометр ФЭП-60.

При этом частота вращения шпинделя станка составляла  $300 \dots 320 \text{ мин}^{-1}$  при продольной подаче накатного приспособления 0,95 мм/об.

ПВ ТМО производилась по схеме: нагрев до температурного интервала 1210...1230К с учетом диаграммы изотермического распада аустенита металлопокрытия, выдержка при этой температуре в течение 6...10 с. в целях предотвращения рекристаллизации, поверхностная пластическая деформация путем обкатки роликами и немедленная закалка с последующим низкотемпературным отпуском (473К в течение двух часов).

Усилие обкатки при ПВ ТМО изменялось от 980 до 5880 Н на ролик, диаметр и радиус которого составляли 100 и 10 мм соответственно.

Для получения сравнительных результатов часть образцов упрочняли с нагревом ТВЧ по такому же температурному режиму, но без деформирования. Наиболее важным параметром при ПВ ТМО является усилие обкатки. Ее величину определяли экспериментальным путем. Критерием эффективности обработки служило давление на обкатной ролик, обеспечивающее повышение износостойкости метал-

лопокрытия. С учетом этого оптимальное усилие обкатки составляло 3000 Н. При этом твердость образцов составляла  $HRC_{\Sigma} 55...58$ .

Исследования по определению интенсивности изнашивания производилось по схеме «вкладыш–диск» на модернизированной машине трения СМТ-1. При этом образцы-диски шлифовались в размер  $50 \pm 0,01$  мм при шероховатости рабочей поверхности  $R_a = 0,16...0,32$  мкм. В качестве вкладыша использовался высокопрочный чугун ВЧ-100-4 с твердостью HB 302...363. Внутренний диаметр вкладыша шлифовался в размер  $\varnothing 50^{+0,01}$  при шероховатости как и образцы-диски. При исследовании применялись диски и вкладыши шириной 15 мм и 5 мм соответственно. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости использовалось масло МГ-10. Площадь контакта диска и вкладыша составляла 50 мм<sup>2</sup>.

При выборе оценки интенсивности изнашивания упрочненных образцов и эталона учитывалось следующее: применялось профилографирование изнашиваемой поверхности и базы. При снятии для этих двух участков профилограмм можно судить о величине износа, а также оценить изменение шероховатости. В нашем случае участок изнашивания имел кольцевую дорожку, а остальная часть служила базой. Профилографирование осуществлялось на профилографе-профилометре типа 252A1.

Исследование проводилось при величинах давления от 15 до 90 МПа и при скорости скольжения равной 2,5 м/с. Величина износа образцов определялась через  $10 \times 10^4$  оборотов шпинделя машины (по счетчику оборотов). С целью сокращения опытов и более точного математического описания поверхности отклика в широком диапазоне в месте контакта при исследовании процессов трения и износа применялось ортогональное центральное композиционное планирование. Результаты исследований приведены на рисунке 1.

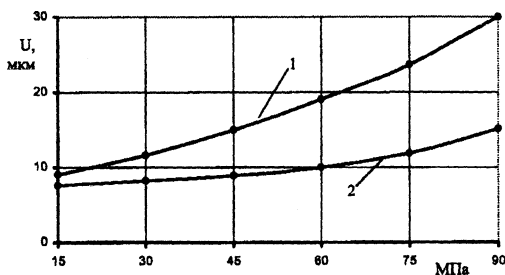


Рис. 1. Зависимость износа от величины давления в месте контакта: 1 – наплавка + закалка; 2 – наплавка + ПВ ТМО.

Одним из факторов, определяющих износостойкость трущихся поверхностей и их антифрикционные свойства является коэффициент трения. Для исследования коэффициента трения также применялась машина трения МСТ-1, которая настраивалась так же, как и для исследования износа образцов. Перед настройкой осуще-

ствлялась тарировка системы измерения момента трения, для чего на вал силоизмерителя устанавливалось тарировочное приспособление, предварительно отбалансированное с помощью противовеса. Тарировка производилась при помощи грузов, что соответствовало определенным моментам трения. Момент трения измерялся при помощи индуктивного датчика, встроенного в подвижный узел машины, показания которого регистрировались электронным потенциометром типа ПСР.

По моменту трения определялся коэффициент трения:

$$f = \frac{2M_{\text{тр}}}{ND},$$

где  $M_{\text{тр}}$  – момент трения;  $N$  – номинальная нагрузка;  $D$  – диаметр диска.

Исследования коэффициента трения проводились при скорости скольжения и давлениях в местах контакта аналогично, как при исследовании износа образцов, а также применялось ортогональное центральное композиционное планирование.

Результаты исследований представлены на рисунке 2.

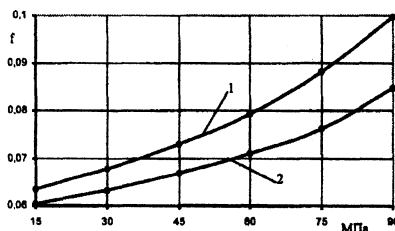


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от величины давления в месте контакта: 1 – наплавка + закалка; 2 – наплавка + ПВ ТМО.

Для наглядности различия в износе испытываемых материалов и их коэффициентов трения на рисунках 1 и 2 представлены фрагменты поверхностей отклика. В зависимости от величины давления в месте контакта (при  $v = 2,5$  м/с) уравнения кривых имеют следующий вид:

– Для наплавки и закалки:

$$U = 15,20 - 1,80P + 1,23P^2, f = 0,0650 - 0,0045P + 0,0030P^2$$

– Для наплавки и ПВ ТМО:

$$U = 10,68 - 0,24P + 0,77P^2, f = 0,074 - 0,017P + 0,006P^2.$$

Из рисунков 1 и 2 видно, что с увеличением давления в месте контакта имеет место увеличение износа и коэффициента трения. Причем интенсивность увеличения износа и коэффициента трения с увеличением давления в месте контакта боль-

ше у наплавленных и закаленных образцов, чем у образцов, упрочненных ПВ ТМО. Уменьшение износа и коэффициента трения у образцов, упрочненных ПВ ТМО, связано с изменением структуры, увеличением количества и дисперсности карбидных образований, повышением плотности дислокаций и другими факторами, обуславливающими общий эффект ПВ ТМО.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берштейн М.И. Термомеханическая обработка металлов и сплавов. Т.2. – М.: Металлургия, 1968. – 1171 с.
2. Шаврин О.И. Технология и оборудование термомеханической обработки деталей машин. – М.: Машиностроение. 1983. – 176 с.
3. Таратута А.И., Сверчков А.А., Прогрессивные методы ремонта машин. Минск, «Ураджай», 1975. – 344 с.

УДК 621.789 – 977

Г. Я. Беляев, Н. А. Сакович

## **ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ НАГРЕВА ОБРАЗЦОВ ПРИ ТРЕНИИ**

*Белорусская государственная политехническая академия  
Минск, Беларусь*

При исследовании износостойкости важным показателем является температурное состояние трущихся поверхностей. Повышение температуры вследствие преобразования механической работы в тепловую энергию может до некоторой степени характеризовать процесс изнашивания и в то же время существенным образом влиять на интенсивность износа.

При относительном скольжении генерируемое в пятнах контакта тепло распространяется в глубину обоих трущихся тел, а также в окружающую среду. Распределение тепловых потоков зависит от теплофизических свойств трущихся материалов, размеров тел, условий теплоотвода и т.д. Анализ расчетных формул показывает, что интенсивность теплового потока определяется работой трения и величиной площадки, на которой она генерируется. При постоянных условиях испытания и одинаковых размерах испытываемых образцов температура последних будет зависеть только от работы трения и, следовательно, исключительно от интенсивности износа.

Измерение температур поверхностных слоев при трении затруднено в связи с отсутствием точных методов измерения. Существующие методы опреде-