

*Коваленко О. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ИНСТРУМЕНТА, УПРОЧНЯЕМОГО ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Проанализирована взаимосвязь между исходной и конечной шероховатостью поверхностей инструментальной стали У8, применяемой для изготовления разделительных штампов, на которую, с целью повышения износостойкости, нанесено упрочняющее покрытие методом электроискрового легирования. Предложено устройство для определения относительной износостойкости.

Ключевые слова: *разделительные штампы, износостойкость, шероховатость, микротвердость.*

Проаналізовано взаємозв'язок початкової та остаточної шорсткості поверхні інструментальної сталі У8, яка використовується для виготовлення розділових штампів, на яку з метою підвищення зносостійкості нанесено зміцнююче покриття методом електроіскрового легування. Запропоновано прилад для визначення відносної зносостійкості.

Ключові слова: *розділові штампи, зносостійкість, шорсткість, микротвердість.*

Износостойкость штампового инструмента в конечном итоге определяет износостойкость штампов и качество изготовленных изделий. Одним из распространенных способов повышения стойкости разделительных штампов является электроискровое легирование рабочих поверхностей различными твердыми сплавами и тугоплавкими металлами. При упрочнении штампового инструмента в процессе нанесения легирующего элемента на режущие кромки обеспечивается определенная шероховатость поверхности, что влияет на износостойкость и другие эксплуатационные характеристики инструмента.

Известно, что шероховатость рабочих частей разделительных штампов и других инструментов во многом определяет процессы износа и, кроме того, на конечную шероховатость упрочненной поверхности влияет исходная шероховатость материала [1].

Целью данной работы являлось исследование влияния исходной шероховатости материала, упрочняемого ванадием методом электроискрового легирования, на износостойкость упрочненной поверхности штампового инструмента.

Для достижения указанной цели на сталь У8 (упрочненную предварительно на максимальную твердость 63 – 65HRC) наносили ванадий электроискровым легированием по разработанному оптимальному режиму [2].

В результате на образцах с разной исходной шероховатостью поверхности конечная шероховатость изменялась в соответствии с графиком, приведенным на рисунке 1.

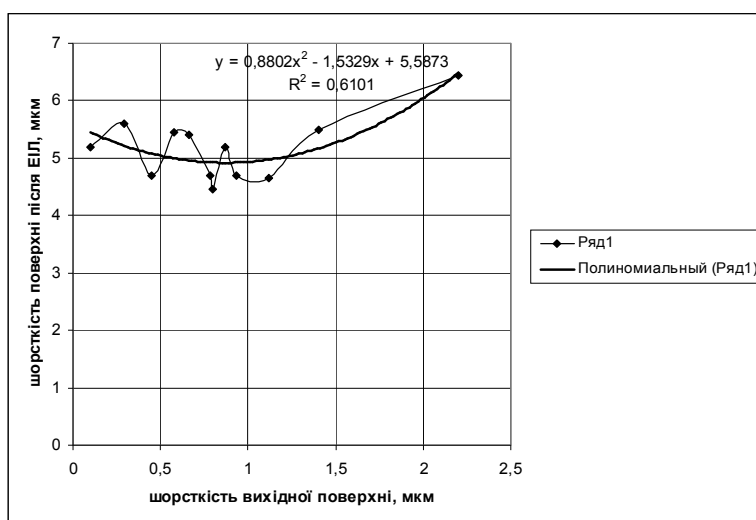


Рисунок 1 – Зависимость шероховатости ванадированного (R_{z1}) слоя от исходной шероховатости поверхности (R_z)

По результатам измерения шероховатости видно, что при достаточно низких значениях исходной шероховатости конечная шероховатость получается высокой. Затем по мере увеличения исходной шероховатости конечная шероховатость снижается до значений 4,5- 5,0 мкм, а затем снова происходит ее увеличение.

Это может быть связано с тем, что при высокой исходной шероховатости происходит заполнение неровностей расплавленным материалом анода. В свою очередь на гладкой поверхности при электроискровом легировании образуются неровности, вызванные расплавлением и кристаллизацией материала анода, что приводит к ухудшению качества поверхности.

В соответствии с графиком (рисунок 1), зависимость между исходной и конечной шероховатостью можно описать уравнением:

$$Y = 0,8802x^2 - 1,5329x + 5,5873, \quad (1)$$

с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,6101$.

Так как эксплуатационные характеристики инструмента существенно зависят от шероховатости режущих кромок и с увеличением шероховатости стойкость штампового инструмента уменьшается, логично допустить, что оптимальной исходной шероховатостью будет величина 0,7 - 1,1 мкм, которая обеспечивает минимальные значения конечной шероховатости 4,5- 5 мкм.

Одной из непосредственных характеристик качества упрочненной поверхности является твердость в самом слое и в областях, примыкающих к нему.

Микротвердость образцов с разной шероховатостью поверхности графически представлена на рисунке 2. Из графика видно, что максимальная твердость – более 2000 Н_μ соответствует шероховатости 4,0 – 5,0 мкм.

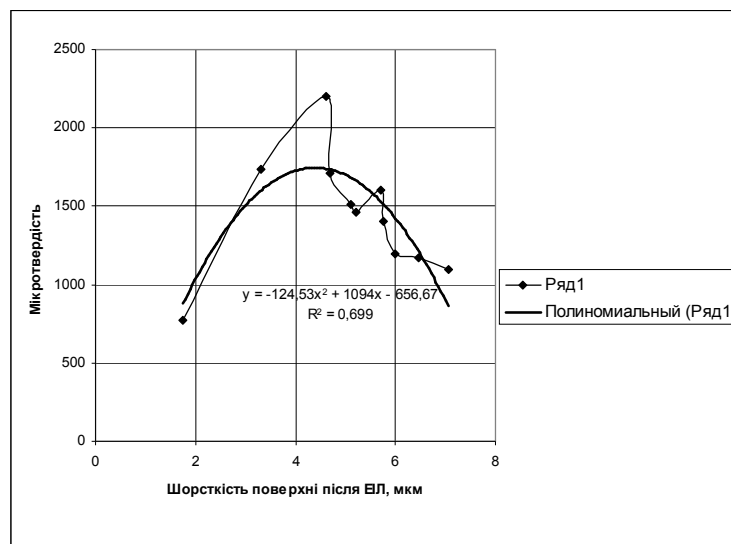


Рисунок 2 – Зависимость микротвердости упрочненного слоя от шероховатости поверхности после ЭИЛ

Однако высокая твердость поверхности не всегда может являться показателем высокой износостойкости, и интерес представляет возможность оценки износостойкости упрочненных слоев с разной конечной шероховатостью поверхности.

Для оценки износостойкости применяют различные методы и способы. В целом среди них можно выделить определение износостойкости при поступательном движении, вращательном движении и определение износостойкости при наличии абразивных материалов в зоне контакта.

В работе [3] износостойкость определяется на стационарной установке и специально подготовленных образцах и контрольных образцах при возвратно – поступательном движении. Такой способ не всегда приемлем, т.к. требует изготовления образцов специальной формы и размеров и является достаточно продолжительным способом. В работе [4] износостойкость определяют с использованием сверлильного станка и специально изготовленных приспособлений, измеряя среднюю длину диагонали отпечатков, полученных алмазной пирамидой с углом при вершине 136° . Для наших исследуемых образцов метод не подходит в связи с тем, что упроченный слой имеет достаточно большую шероховатость поверхности и алмазный отпечаток трудно различим под микроскопом.

В условиях лаборатории измерение износостойкости возможно с использованием специального устройства и приспособления (рисунок 3). Устройство состоит из двигателя, вращающегося диска и приспособления для закрепления образца, которое в свою очередь крепится на специальных осях вертикально к вращающемуся диску. Диск вращается с постоянной скоростью. Кроме того, для обеспечения постоянной скорости приспособление с образцом крепится на одинаковом расстоянии от центра. В процессе трения происходит нагрев металла в зоне контакта. Для охлаждения применяются вентилярующие устройства. Материал вращающегося диска – сталь Ст3.



Рисунок 3 – Устройство для определения износостойкости

Само приспособление для крепления образцов (рисунок 4) состоит из корпуса (2), деревянных втулок (4,6), пружины (5), болта (1) и образца (3). Болт, деревянные втулки и пружина обеспечивают прижим

образца к вращающемуся диску с определенным усилием, которое при необходимости легко определить.

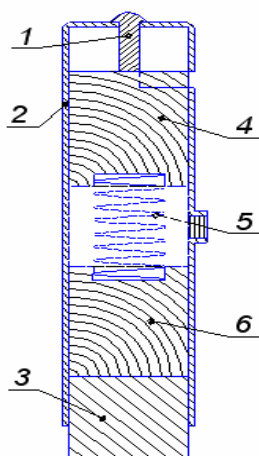


Рисунок 4 – Приспособление для закрепления образца:
1 – болт; 2 – корпус; 3 – образец; 4, 6 – деревянные
втулки; 5 – пружина

За основу при разработке метода взят ГОСТ 27860-88 «Детали трущихся сопряжения. Методы измерения износа»[5]. На поверхности образцов с помощью специального керн выполняются отпечатки в виде треугольника и определяется их площадь поперечного сечения. Затем производятся испытания, в процессе которых через определенные промежутки времени измеряется площадь поперечного сечения отпечатка. По изменению площади возможна оценка величины относительного износа.

В процессе испытаний на изнашивание проводился контроль шероховатости образцов, результаты которого представлены в таблице 1:

В начале испытаний происходит резкое уменьшение шероховатости (в 2 – 3 раза) за счет смятия неровностей. При ЭИЛ упрочнении ванадием в поверхностных слоях образуется структура, обеспечивающая достаточно высокую твердость и не придающая материалу такой хрупкости как при упрочнении твердыми сплавами или соединениями других тугоплавких металлов [6]. Кроме того на первом этапе изнашивания при смятии неровностей происходит дополнительное упрочнение поверхностного слоя благодаря пластической деформации. Затем наступает стадия замедленного изнашивания [7], и шероховатость существенно не изменяется.

Таблица 1 – Изменение шероховатости образцов при испытаниях на износ

Номер образца	Шероховатость поверхности до ЭИЛ, мкм	Шероховатость поверхности после легирования, мкм	Шероховатость поверхности в процессе испытаний на износ, мкм		
			20 мин	40 мин	60 мин
11	0,1	5,1	2,4	2,05	1,9
6	0,29	6,0	2,2	1,6	1,5
9	0,45	3,3	1,2	1,17	1,1
12	0,58	5,75	2,07	1,37	1,3
5	0,66	5,7	2,1	1,7	1,5
7	0,78	4,6	1,2	1,17	1,13
8	0,8	4,2	1,67	1,3	1,23
4	0,87	5,2	2,1	1,77	1,7
10	0,93	4,7	1,27	1,2	1,17
1	1,12	1,75	2,5	2,05	1,9
3	1,4	7,05	2,57	2,3	2,2
2	2,2	6,45	2,6	1,9	1,6

Косвенной характеристикой, позволяющей определить величину износа можно принять не только изменение толщины слоя в процессе испытаний [5], но и изменение площади поперечного сечения отпечатка в процессе испытаний к первоначальной площади. В этом случае есть смысл ввести коэффициент K , характеризующий указанное отношение:

$$K = \frac{S_n}{S_{n-1}}, \quad (2)$$

где S_n – площадь поперечного сечения отпечатка либо перед началом испытаний, либо через определенный промежуток времени;

S_{n-1} – площадь поперечного сечения отпечатка либо в конце испытаний, либо в последующий промежуток времени.

Интенсивность изнашивания будет тем меньше, чем ближе коэффициент K будет к единице.

Определение величины износа по различным критериям является предметом дальнейших исследований с последующим сравнением с износом стали У8 (без нанесения упрочняющего покрытия).

Выводы

1. При сравнении образцов с различной шероховатостью установлено, что существуют оптимальные значения шероховатости исходной упрочняемой поверхности, позволяющие получить легированный слой на режущих кромках инструмента, обладающий высокой твердостью и прочностью.

2. Для получения качественного покрытия методом электроискрового легирования при нанесении ванадия оптимальной можно считать величину шероховатости исходной поверхности 0,7 – 1,1 мкм.

3. При оценке износостойкости поверхности, упрочненной ванадием, в условиях лаборатории установлено, что на начальном этапе происходит резкое уменьшение шероховатости (в 2 – 3 раза) за счет смятия неровностей и дополнительное упрочнение поверхностного слоя, на следующем этапе наступает стадия замедленного изнашивания, и шероховатость существенно не изменяется.

Библиографический список

1. Аксенов Л.Б. *Повышение износостойкости штампов из стали 5ХНМ методов электроискрового легирования* / Л.Б. Аксенов, В.М. Петров и др. // КШП. ОМД. – 2011. – №2. – С. 33–38.

2. Патент на корисну модель № 17858 *Спосіб електроіскрового легування ванадієм* / Коваленко О.А.; заявник і патентовласник Донбас.держ.техн.ун-т. опубл. 16.10.2006.

3. *Маковей В.О., Вплив поверхневого зміцнення на характер зношування ріжучих кромок* / В.О. Маковей, Ю.П. Бородий. // Вісник КПІ. – 2007. – № 50. – С. 111–117.

4. *Наумик В.В. Выбор оптимальной технологии изготовления антифрикционных материалов* / В.В. Наумик, Г.А. Билик // Вісник донбаської державної машинобудівної академії. – 2009. – №1. – С. 232–235.

5. *Детали трущихся сопряжений. Методы измерения износа ГОСТ 27860-88.* – Издательство стандартов. – 1989.

6. *Ершов ВМ. Исследования процесса ванадирования стали У8* / В.М. Ершов, О.А. Коваленко // Зб. наук. пр. Дон ДТУ. – 2005. – № 20. – С. 271–278.

7. *Крагельский И.В. Трение и износ* / Крагельский И.В. – М. : Государственное научно – техническое издательство машиностроительной литературы, 1962. – 382с.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Финкельштейном З.Л.