

ВЛИЯНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА НА СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ

Елисева А.Н.¹, Шеменков В.М.¹, Шеменков В.В.², Алекса Д.О.¹

¹МОУ ВО «Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Белоруссия;

²УО «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники», г. Минск, Белоруссия

В статье приведены результаты исследования влияния тлеющего разряда на глубину поверхностного слоя изделий из стали AISI A 105 Gr1 и стали AISI 3120.

Ключевые слова: тлеющий разряд; поверхностный слой; твердость; износостойкость.

В современном машиностроении для обеспечения качественной работы ответственных цементируемых деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах. Как известно, разрушение таких деталей начинается с поверхности. В связи с этим к поверхностным слоям всегда предъявляются особые требования по износостойкости, твердости и шероховатости. Как следствие был разработан ряд методов повышения их характеристик, такие как цементация, закалка и др. Однако, при постоянном повышении требований к поверхностному слою данных ряд классических методов уже недостаточно. И как следствие, в последнее время находят процессы, связанные с комбинированными методами обработки поверхностного слоя [5, 6]. К одним из таких процессов можно отнести процессы, связанные с классической закалкой, цементацией и обработкой импульсным тлеющим разрядом с частотой горения от 50 до 150 кГц [2, 4].

В рамках выполняемой работы исследования проводились из основных цементируемых сталей, таких как AISI A 105 Gr1 и стали AISI 3120. Образцы стали AISI A 105 Gr1 и стали AISI 3120 промышленной плавки были подвергнуты цементации в твердом карбюризаторе, после чего охлаждению на воздухе, последующей закалке в масле (выдержка 1 ч 30 мин), отпуску в течение 2 ч.

Так как основными характеристиками поверхностного слоя является износостойкость и твердость, то с точки зрения практики вызывает интерес влияние обработки тлеющим разрядом на твердость поверхностного

слоя [1]. В связи с этим был осуществлен полнофакторный эксперимент, отвечающий признакам ротатабельности.

Измерение твердости рабочей поверхности образцов осуществлялось по методу Виккерса, путем вдавливания алмазного индентора в форме правильной четырехгранной пирамиды с углом при вершине между противоположными гранями 136° в образец под действием нагрузки, приложенной в течение 10 с. и измерения диагоналей отпечатка, оставшегося на поверхности после снятия нагрузки. Для получения наиболее достоверных результатов исследования изменения твердости, ее определение проводили по результатам измерения 10 отпечатков до обработки и 10 отпечатков после.

Для установления зависимости приращения твердости рабочей поверхности образцов по Виккерсу H'_{HV} и износостойкости образцов, от основных факторов процесса модифицирующей обработки в тлеющем разряде, зависимости $H'_{HV} = f(U, J, T)$, $k_L = f(U, I, T)$ аппроксимируем полиномом второй степени. Эксперимент проведен по программе центрального композиционного ротатабельного планирования второго порядка [3]. В качестве основных факторов, влияющих на приращение коэффициента стойкости так же, как и при определении зависимости приращения поверхностной твердости, выбраны такие составляющие процесса модификации, как напряжение тлеющего разряда U , кВ, плотности тока тлеющего разряда J , A/m^2 , и время, затраченное на модификацию, T , мин.

Графическая интерпретация полученной модели, показывающая зависимость приращения твердости образцов из цементированной стали AISI 3120 от двух технологических факторов обработки тлеющим разрядом при значении третьего, находящимся на основном уровне ($J = 0,25 A/m^2$, $T = 30$ мин, $U = 2$ кВ) представлена в таблице 1.

Табл. 1. Графическая интерпретация влияния напряжения тлеющего разряда, времени обработки и плотности тока на приращение твердости по Виккерсу поверхности образцов из цементированной стали

Марка стали	Графическая интерпретация математической модели		
	от U , кВ, и T , мин, при $I = 50$ мА	от U , кВ, и I , мА, при $T = 30$ мин	от I , мА, и T , мин, при $U = 2$ кВ
AISI 3120			

Таким образом максимальная твердость образцов из цементированной стали AISI 3120 достигается путем модифицирующей обработки с напряжением горения тлеющего разряда $U = 2,0$ кВ, плотностью тока $J = 0,125$ А/м², временем обработки $T = 13$ мин.

Графическая интерпретация полученной модели, показывающая зависимость приращения микротвердости образцов из цементированной стали AISI A 105 Gr1 представлена на рисунке 1.

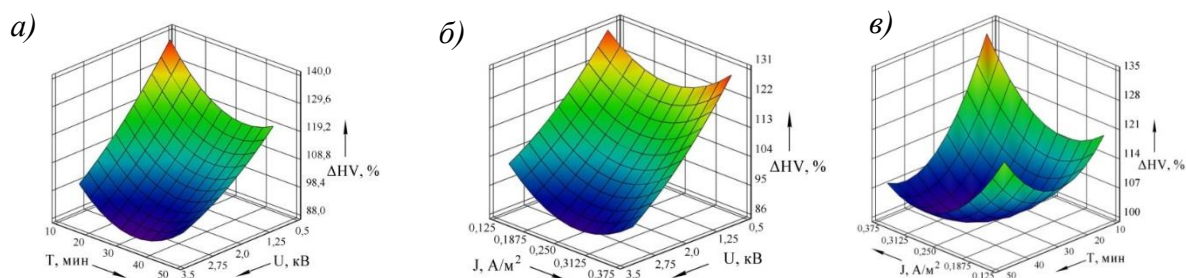


Рис. 1. Влияние напряжения U , кВ, тлеющего разряда и времени обработки T , мин (а), напряжения U , кВ, и плотности тока J , А/м² (б) и плотности тока J , А/м², тлеющего разряда и времени обработки T , мин (в) на приращение твердости по Виккерсу поверхности образцов из цементированной стали AISI A 105 Gr1

Таким образом максимальная твердость образцов из цементированной стали AISI A 105 Gr1 достигается путем модифицирующей обработки с напряжением горения тлеющего разряда $U = 1,3$ кВ, плотностью тока $J = 0,325$ А/м², временем обработки $T = 13$ мин.

Для определения области оптимальных значений основных параметров модифицирующей обработки был получен ряд зависимостей приращения коэффициента стойкости от двух факторов при значении третьего, находящимся на основном уровне ($J = 0,25$ А/м², $T = 30$ мин, $U = 2$ кВ), представленные на рисунке 2.

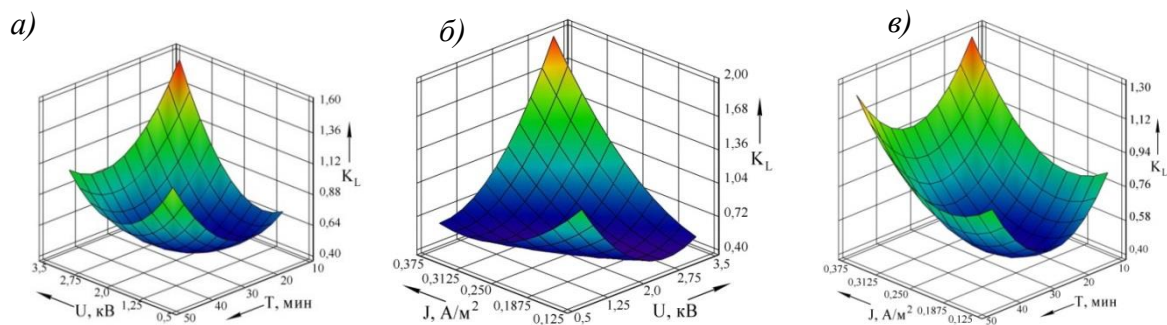


Рис. 2 Влияние напряжения U , кВ, тлеющего разряда и времени обработки T , мин (а), напряжения U , кВ, и плотности тока J , А/м² (б) и плотности тока J , А/м², тлеющего разряда и времени обработки T , мин (в) на коэффициент стойкости образцов из цементированной стали AISI 3120

Анализируя результаты моделирования, представленные на рисунке можно выделить значения основных характеристик обработки тлеющим разрядом, соответствующие наибольшим значениям приращения коэффициента стойкости. Так при обработке образцов из цементированной стали AISI 3120 напряжение горения тлеющего разряда U принимаем равным 3,2 кВ, плотность тока J , равной $0,375 \text{ А/м}^2$, при времени обработки $T = 30$ мин.

Графическая интерпретация полученной модели, показывающая зависимость приращения износостойкости образцов из AISI A 105 Gr1 от двух технологических факторов обработки тлеющим разрядом при значении третьего, находящимся на основном уровне ($J = 0,25 \text{ А/м}^2$, $T = 30$ мин, $U = 2,0$ кВ) представлена на рисунке 3.

Анализируя результаты моделирования, представленные на рисунке 3, можно выделить значения основных характеристик обработки образцов из цементированной AISI A 105 Gr1 в тлеющем разряде, соответствующие наибольшим значениям приращения коэффициента стойкости. Так образом, при обработке образцов из цементированной стали AISI A 105 Gr1 напряжение горения тлеющего разряда U принимаем равным 3,2 кВ, плотность тока J , равной $0,375 \text{ А/м}^2$, при времени обработки $T = 30$ мин.

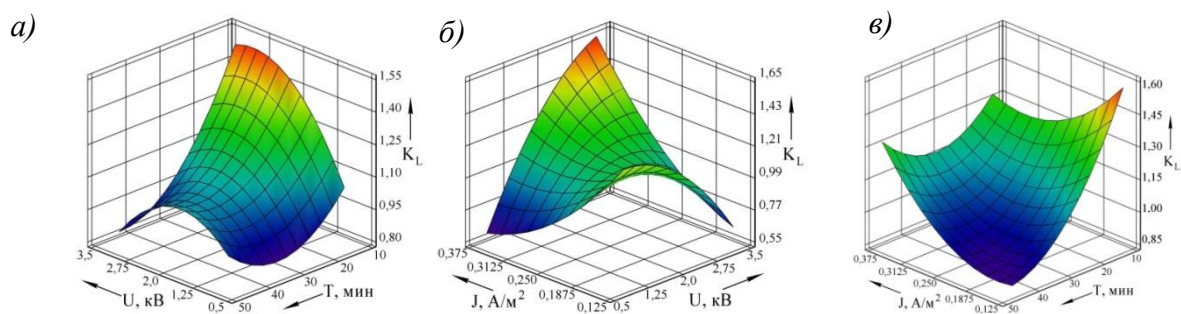


Рис. 3. Влияние напряжения U , кВ, тлеющего разряда и времени обработки T , мин (а), напряжения U , кВ, и плотности тока J , А/м² (б) и плотности тока J , А/м², тлеющего разряда и времени обработки T , мин (в) на коэффициент стойкости образцов из цементированной стали AISI A 105 Gr1

В ходе исследований, проводимых в Белорусско-Российском университете установлено, что обработка тлеющим разрядом цементруемых сталей приводит к повышению износостойкости в 1,5-2 раза и твердости на 30-35%.

Список литературы

1. Григорович, В.К. Твердость и микротвердость металлов. – М.: Наука, 1976. – 230 с.
2. Особенности формирования модифицирования поверхностных слоев на детали из сталей импульсным тлеющим разрядом / Елисеева А.Н., Шеменков В.В. // Высокие технологии в машиностроении: материалы

XVIII Всероссийской научно- технической конференции / Отв. ред. Р.Г. Гришин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2021. – с. 218-220.

3. Структурно-фазовое модифицирование инструментальных материалов тлеющим разрядом: [монография] / В. М. Шеменков [и др.]; под общ. ред. канд. техн. наук, доц. В. М. Шеменкова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 270 с.: ил.

4. Перспективы применения импульсной ионно-плазменной обработки в машиностроении/ А.Н. Елисеева, М.А. Рабыко, В.В. Хитриков // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021.-с.48-49.

5. Влияние комплексной обработки, основанной на химико-термической обработке и тлеющем разряде на структуру и свойства поверхностных слоев сталей // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова – Российская Федерация, г. Белгород. С. 2394-2400

6. Повышение эксплуатационных свойств металлических изделий, основанных на химико-термической обработке // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – С.33.