

Применение непрерывного излучения для упрочнения инструмента является производительным методом и предоставляет более широкие возможности для модифицирования свойств поверхности сплавов в сравнении с другими видами лазерной обработки.

Список литературы

1. Пинахин И. А., Копченков В. Г. Влияние импульсной лазерной
2. обработки твердосплавных режущих инструментов на эффективность обработки металлов резанием // Вестник ДГТУ. – Ростов н/Д, 2010. – №8. – С.1235 – 1240.
3. Noritaka Kawasegia, Hiroshi Sugimorib, Hideki Morimotoa Development of cutting tools with microscale and nanoscale textures to improve frictional behavior // Precision Engineering – 2009. – №33. – С. 248–254.
4. Ярьско С.И. Физические и технологические основы упрочнения твердых сплавов: Монография / С.И. Ярьско. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2006. – 244 с.

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Кардаполова М.А., Кавальчук О.Н.

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь,
scvdmmed@bntu.by*

На микротвердость покрытий после электроискровой и последующей лазерной обработки значительное влияние оказывает состав электрода. Предварительное электроискровое легирование проводилось на серийной установке ЭФИ-46А на средних режимах по току. Последующая лазерная обработка образцов проводилась на СО₂-лазере непрерывного действия «Комета-2» со следующими параметрами: диаметр пятна $d = 1$ мм; мощность $P = 1$ кВт; скорость луча $v = 200$ и 500 мм/мин; обработка проводилась в фокусе. Электроискровая обработка производилась различными электродами: графит, молибден, вольфрам и ВК20 (80% карбида вольфрама, 20 кобальт).

Для исследований были использованы образцы стали 45 с твердостью сердцевины 40...45 HRC.

Изучали распределение микротвердости по сечению образца на приборе ПМТ-3. Микротвердость измерялась на глубину 500 мкм, и рассчитывалось среднее значение по 25 измерениям. Полученные результаты были проанализированы и на их основе построена диаграмма, наглядно показывающая влияние состава электрода на микротвердость упрочненных слоев после лазерной обработки (рис. 1).

Наименьшая микротвердость наблюдается у образцов, легированных молибденом: $H_\mu = 5140$ МПа при скорости перемещения лазерного луча $v = 200$ мм/мин, $H_\mu = 7870$ МПа при $v = 500$ мм/мин. Наибольшая микротвердость наблюдается у образцов, легированных вольфрамом: $H_\mu = 6500$ МПа при скорости перемещения лазерного луча $v = 200$ мм/мин, $H_\mu = 9750$ МПа при $v = 500$ мм/мин.

Микроструктурный анализ проводился для ВК20 покрытий до и после лазерной обработки с использованием микроскопа МКИ-2М-1. На рис. 2а представлено изображение микроструктуры электроискрового ВК20 покрытия. На снимке видно, что толщина полученного слоя составила 20–30 мкм, тогда как зона термического влияния (ЗТВ) простирается приблизительно на 15–20 мкм в основу. На фотографии можно увидеть четкую границу между покрытием и основой, а также поры и микротрещины.



Рис. 1. Диаграмма влияния состава электрода на микротвердость слоев после лазерной обработки

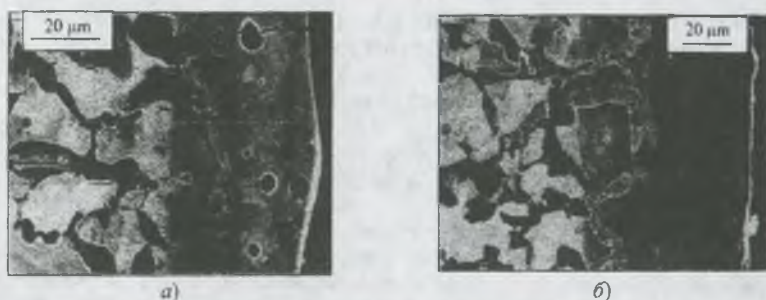


Рис. 2. Микроструктура: а) – электроискровых BK20 покрытий; б) – электроискровых BK20 покрытий после лазерной обработки

Электроискровые BK20 покрытия, модифицированные лазерным лучом, кристаллизуются и их структура изменяется. Лазерная обработка приводит к гомогенизации химических соединений в покрытии и кристаллизации пересыщенных фаз вследствие распространения температурного градиента и высокой скорости охлаждения. Внешний модифицированный лазером слой не имеет микротрещин и пор. Отсутствует граница между покрытием и основой. Толщина обработанного лазером покрытия составляет 40-50 мкм с ЗТВ в пределах 30-40 мкм.

На микротвердость и шероховатость покрытий после электроискровой и последующей лазерной обработки значительное влияние оказывают режимы лазерной обработки и электроискрового легирования. Режимы во многом определяют формирование структуры поверхностного слоя подложки. Предварительная электроискровая легирование проводилось на стационарных режимах серийной установки ЭФИ-46А на режимах $RI = 86 \text{ А/Дж}$, $RIII = 33 \text{ А/Дж}$, $RV = 1,5 \text{ А/Дж}$. Установка имеет 6 режимов. Для исследований был выбран твердый сплав ВК – 8 как материал, работающий при ударных нагрузках. Лазерная обработка образцов проводилась на лазерной установке непрерывного действия ЛГН – 702 при различных плотностях мощности: $q = 0,1-0,3-109 \text{ Вт/м}^2$.

Для исследований были использованы образцы стали Х12М в закаленном состоянии. После низкого отпуска при температуре 160°C была получена мартенситная структура. Твердость поверхностного слоя 62...63 HRC, сердцевины 40...45 HRC. Для изучения механизма превращений, происходящих при лазерной обработке, поверхность после электроискрового легирования подвергали излучению непрерывного лазера Комета-2 с последовательным увеличением энерговклада. Изучали распределение микротвердости по се-

чению образца на приборе ПИМТ-3, шероховатость на приборе профилограф-профилметр 252.

В результате упрочнения образцов после электроискрового легирования и лазерным лучом были получены слои толщиной 120...500 мкм. Выявлены два типа структур, значительно отличающихся друг от друга. Структура поверхности, упрочненной при плотности мощности $0,15 \cdot 10^9 \text{ Вт/м}^2$, имеет слоистое строение. Слой, расположенный непосредственно у поверхности, представляет собой мартенсит, мелкодисперсные карбиды и значительное количество остаточного аустенита, что подтверждается твердостью слоя. Второй слой состоит из мелкодисперсных карбидов и мартенсита, имеет максимальную твердость, причем с увеличением плотности мощности глубина верхнего слоя возрастает. Далее идет слой со структурой отпуска и более низкой твердостью (до 5,7 ГПа) (рис. 3, кривая 3). Интервал режимов плотности мощности $q = 0,1 - 0,2 \cdot 10^9 \text{ Вт/м}^2$, $V = 13 \text{ мм/с}$ представляет интерес тем, что он является граничным, при котором на поверхности начинается оплавление. При плотности мощности выше $0,2 \cdot 10^9 \text{ Вт/м}^2$ происходит оплавление поверхности.

Второй тип структур наблюдается при режимах лазерной обработки $q = 0,05 \cdot 10^9 \text{ Вт/м}^2$, $V = 13 \text{ мм/с}$ (рис. 3, кривая 1). Слой, расположенный непосредственно у поверхности, представляет собой мартенсит, мелкодисперсные карбиды и незначительное количество остаточного аустенита. Второй слой – зона с трооститной структурой с понижением микротвердости до 6,0 ГПа.

Таким образом, при увеличении глубины зоны термического воздействия лазера в стали Х12М непосредственно на поверхности образуется слой с наличием аустенита, что отрицательно сказывается на механических свойствах металла.

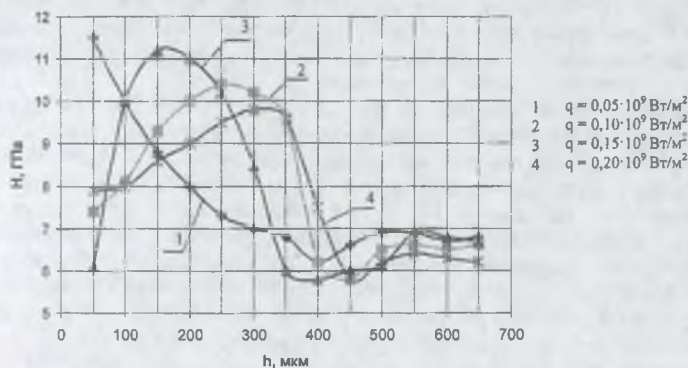


Рис. 3. Распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя после электроискровой обработки в режиме 1 и лазерной обработки при различных режимах

Выводы

1. Лазерная обработка электроискровых покрытий приводит к улучшению структуры, упрочненный слой не имеет микротрещин и пор, отсутствует граница между покрытием и основой.
2. Предварительная электроискровая и последующая лазерная обработка покрытий позволяет получить мелкодисперсную однородную структуру упрочненного слоя высокой твердости, что предполагает повысить износостойкие свойства поверхностей трения.
3. В результате последующей лазерной обработки глубина упрочненного слоя составляет 300...450 мкм с максимальной микротвердостью у поверхности до 16 ГПа и высокой микротвердостью по глубине слоя до 11...12 ГПа.