

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Максим Алексеевич Данилов ⁽¹⁾, Василий Владимирович Петров ⁽²⁾

Студент 4 курса ⁽¹⁾, ассистент ⁽²⁾,

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.И. Беликов,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Дальнейшие перспективы развития техники и технологий упрочняющих покрытий связаны с разработкой композитных покрытий, обеспечивающих достижение более высоких эксплуатационных характеристик деталей и узлов, где они применяются. Одним из вариантов композитной структуры является дискретно-планарная реализация, когда в качестве элементов структуры покрытия используются ограниченные фрагменты тонкой пленки с линейными размерами от десятков до сотен микрометров и толщиной порядка микрометров. Такие фрагментарные покрытия получили название «дискретные покрытия» и уже показали свою эффективность для целей повышения износостойкости твердых упрочняющих покрытий, поскольку они менее подвержены адгезионному отслоению, контактному выкрашиванию и растрескиванию. Основными характеристиками дискретного покрытия является размер дискретов (элементов структуры) и коэффициент сплошности. Сплошность – отношение площади поверхности покрытия к общей площади образца, коэффициент сплошности определяется на основании приведенного соотношения (рисунок 1).

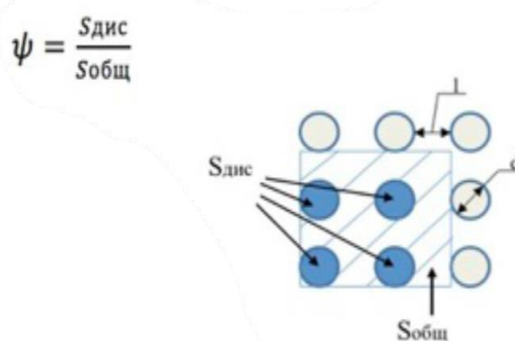


Рис. 1 – Схема дискретного покрытия

Авторами работы [1] проводились исследования по изучению влияния сплошности дискретных покрытий на упрочнение инструмента. При этом, дискретное покрытие наносилось на режущий инструмент вакуумным дуговым методом через масочную сетку, а полученное покрытие в натурных испытаниях тестировалось на износостойкость при металлообработке. По результатам исследований было определено, что при сплошности покрытия 58-62% на режущем инструменте можно добиться увеличения времени его стойкости в два раза, в сравнении с инструментом без покрытия, и в полтора раза, в сравнении с инструментом со сплошным покрытием, что отражено на соответствующей зависимости (Рисунок 2).

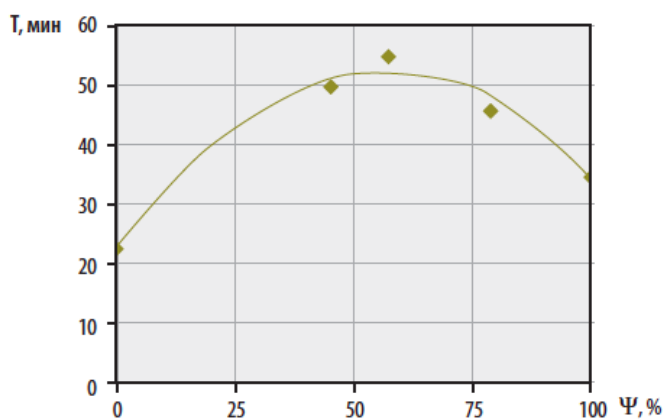


Рис. 2 – Зависимость стойкости (T , мин) инструмента с покрытиями от коэффициента сплошности покрытия ψ [1].

На кафедре «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ имени Н.Э.Баумана был предложен новый технологический метод получения дискретных покрытий [2]. Суть метода заключается в удалении лазерным лучом части поверхности покрытия, предварительно нанесенного на поверхность подложки. Однако, этот метод еще не применяется в промышленности и требует изучения и отработки режимов.

Для оценки технологических возможностей предлагаемого метода были проведены следующие исследования. В качестве исследуемых образцов использовались подложки с покрытием AlTiN толщиной от 0,5 до 2 мкм для отработки режимов лазерной обработки и формирования различной дискретной структуры. Обработка проводилась на станке для лазерной гравировки LDesignerFII при мощности излучения $W=2$ Вт, скорости обработки $V=600$ мм/с, обработка проводилась за один проход, в проектную модель обработки закладывались дискреты круглой формы.

В качестве подложек использовались стальные пластины размером 70x70x2 мм, на поверхности которых формировались зоны с разными параметрами дискретной структуры. На рисунке 3 приведена фотография полученного образца, цифрами обозначены четыре зоны с дискретами разных размеров и одинаковой сплошностью, но разными расстояниями между ними ("1" – 0,2 мм; "2" – 0,4 мм; "3" – 0,8 мм; "4" – 1 мм).

На рисунках 4 и 5 представлены снимки, полученные на сканирующем электронном микроскопе, поверхностей зоны 1 и зоны 3 с дискретами размером 0,2 и 0,8 мм (4,5 а) и укрупненный вид дискретов (4,5 б). На основании анализа полученных изображений можно сделать вывод, что при малом расстоянии между дискретами система модуляции лазерного луча установки лазерной гравировки формирует существенные погрешности обработки, поэтому дискреты зоны 1 имеют наибольшие отклонения от номинальной геометрической формы и имеют рваные края. При этом дискреты зоны 3, расстояние между которыми значительно больше, получились более качественными.

Наличие капельной фазы по краям дискретов (хорошо видно на рисунке 4 б) свидетельствует о том, что в процессе изменения мощности при модуляции лазерного излучения, при определенной мощности покрытие перестает испаряться, а начинает плавиться. При этом, вероятно, может происходить микросварка поверхности покрытия с поверхностью подложки, что также может влиять на характеристики получаемого покрытия.

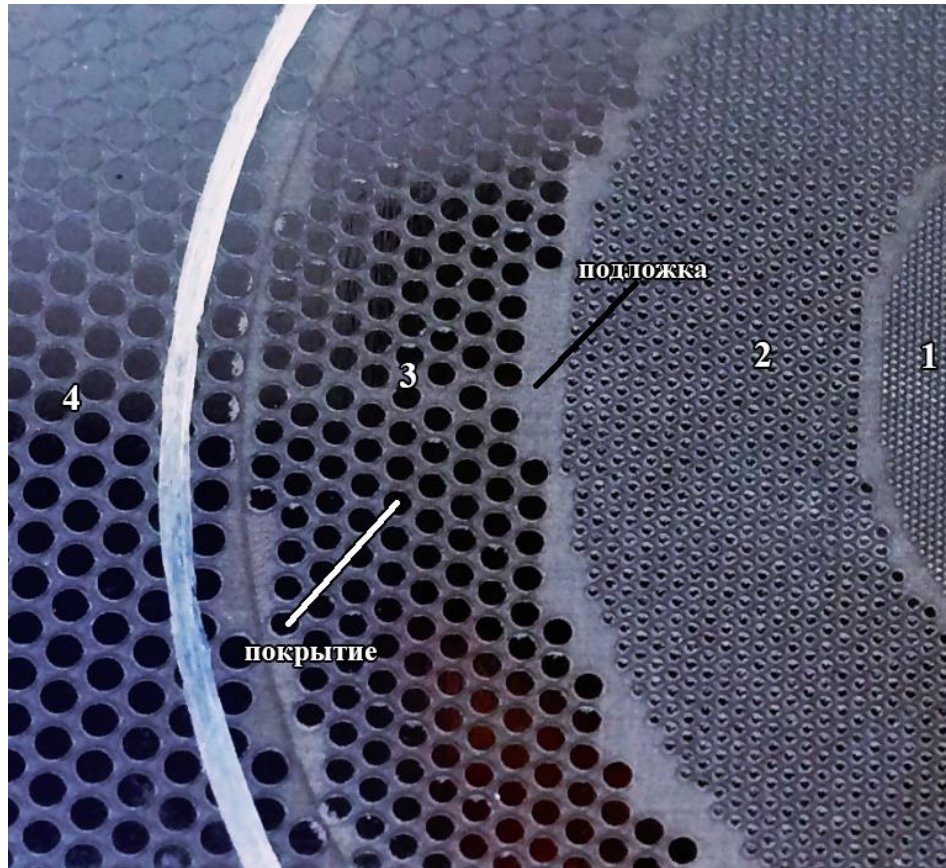


Рис. 3 – Внешний вид образца с подготовленными структурами

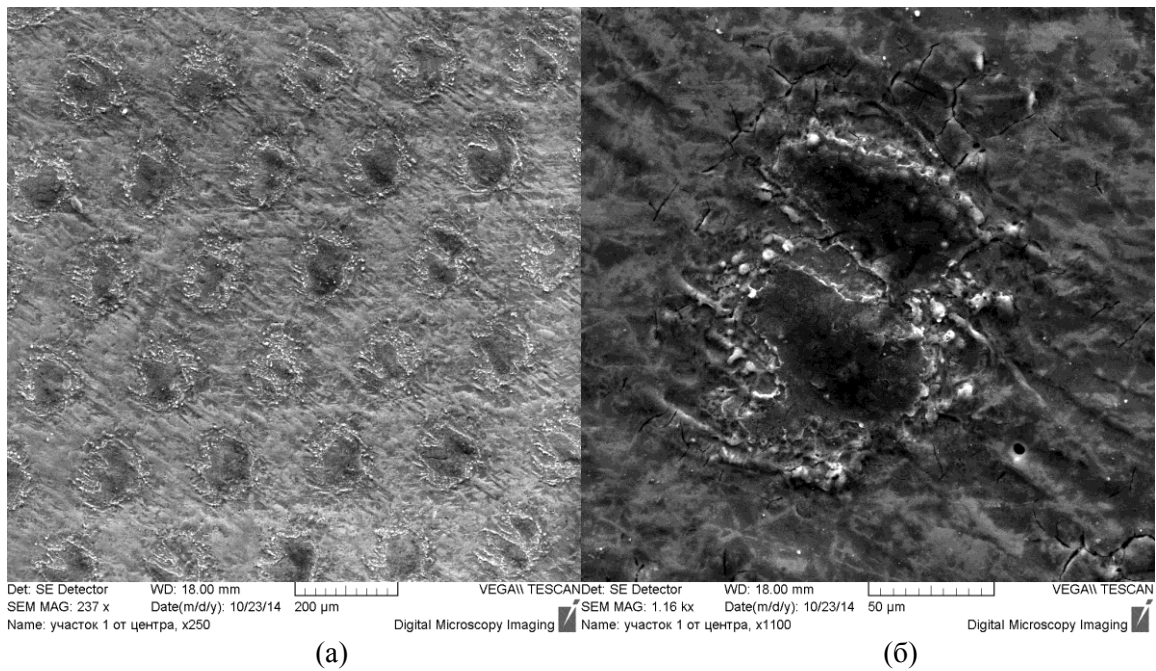


Рис. 4 – Внешний вид на дискеты (а) и увеличенный вид дискрета (б), зона 1.

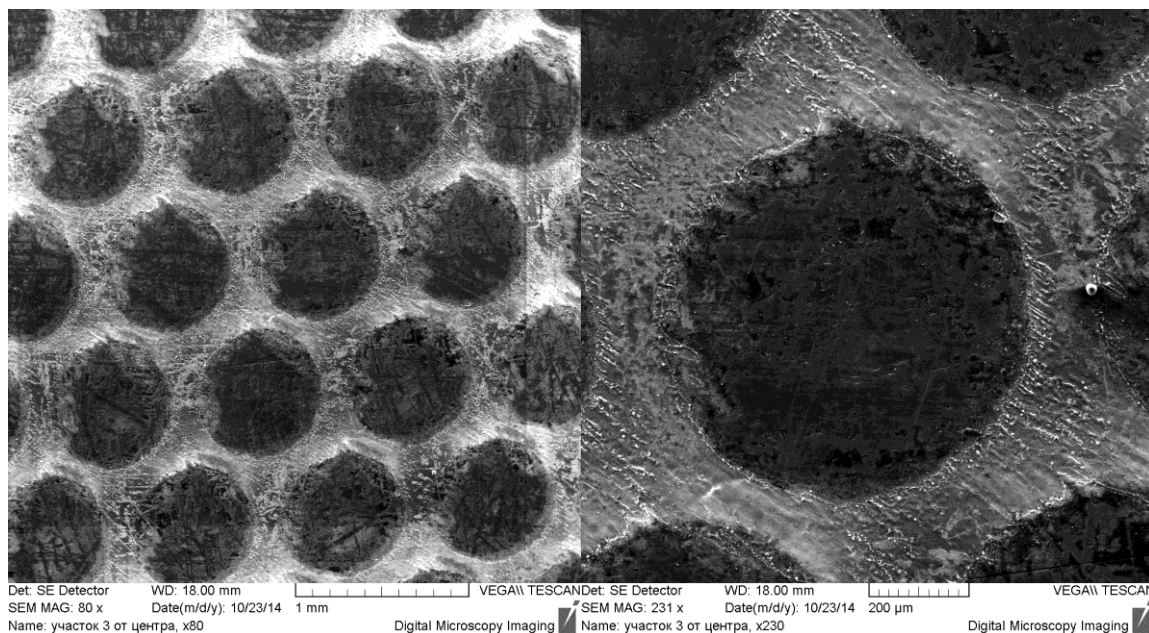


Рис. 5 – Вид на зону покрытия (а) и увеличенный вид дискрета (б), зона 3.

На рисунке 6 представлены снимки поверхности образцов дискретных покрытий с разными коэффициентами сплошности (Φ) и разными расстояниями между дискретами (L).

Анализ полученных изображений свидетельствует о том, что с уменьшением расстояния между дискретами увеличивается отклонение от номинального размера дискрета. По всей видимости, это вызвано высокой скоростью перемещения лазерного луча, а также тем, что энергия луча падает постепенно, а не мгновенно. Однако, подобрав соответствующие технологические режимы, возможно, удастся получать дискретные покрытия с элементами малого размера и высокого качества.

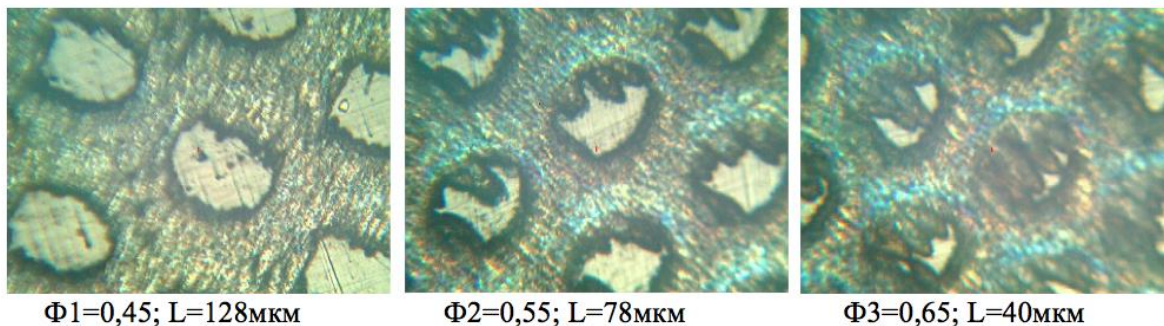


Рис. 6 – Дискретные покрытия с разными сплошностями

Выводы:

1. Предлагаемая технология лазерной обработки сплошного покрытия обеспечивает формирование дискретного покрытия с элементами размером более 100 мкм.
2. При увеличении расстояния между дискретами, снижаются погрешности формы, дискреты получаются более круглыми, с более ровными краями. Предположительно, отклонение от формы и размеров дискрета происходит за счет погрешностей системы модуляции лазерного луча.
3. Для получения качественной дискретной структуры с размерами элементов менее 200 мкм требуется прецизионное лазерное оборудование и оптимизация режимов.

Литература

1. Сорока Е.Б. PVD покрытия на режущем инструменте. – М.: Металлообработка 2/2010.
2. Беликов А.И., Петров В.В. Комбинированные композитные покрытия триботехнического назначения, формируемые методами вакуумного осаждения и лазерной обработки // Упрочняющие технологии и покрытия. - М.: Машиностроение - 2012, №4, с.9-15.