

благодаря тому, что она установлена на двух пневмолиниях с пневмоцилиндрами, где доение происходит повторно.

Для ряда фермерских хозяйств имеется необходимость в дополнении разрабатываемой мобильной доильной установки упаковочной станцией с барабанным сепаратором. Барабанный сепаратор позволит перерабатывать от 20–30 литров молока в сутки, тем самым регулируя его жирность, количество сливок, а также обеспечит уничтожение уровня микроорганизмов до 99 %.

После сепаратора, молоко направляется в упаковочную станцию, где запаковывается. Такую продукцию индивидуальный фермер, может не отправлять на продажу через заводы производители молока, а лично его продавать.

Предложенная конструкция позволит индивидуальному фермеру получать молоко высокого качества, сравнимое с молочными заводами, а также продавать его самостоятельно.

УДК 621.7.029

Анализ нанесения алмазоподобных покрытий при помощи торцевого холловского ускорителя

Герасимович П. А., студент

Шатило Е. А., студент

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: инженер-технолог 2-ой категории

Пигаль Р. В.

Аннотация:

Рассматриваются вопросы нанесения алмазоподобных покрытий (DLC-покрытий) при помощи торцевого холловского ускорителя (ТХУ). Описаны основные технологические проблемы нанесения DLC-покрытий различными способами. Оцениваются экспериментальные результаты покрытий, полученных при помощи ТХУ.

Алмазоподобные покрытия находят широкое применение в промышленности: от элементов тяжелого машиностроения до бытовых

лезвий одноразовых бритв. Это обусловлено тем, что данный тип покрытий обладает достаточной антикоррозийной и химической стойкостью, хорошими антифрикционными свойствами и отсутствием токсичных выделений [1].

Свойства и качество алмазоподобных покрытий зависят от способа их получения. В данный момент алмазоподобные покрытия получают с помощью CVD, PVD, PECVD и HiPIMS методов. Общим недостатком CVD, PVD и PECVD методов является тот факт, что чистые покрытия, получаемые перечисленными способами, имеют достаточно низкую адгезию и высокие напряжения, что приводит к повреждению DLC-покрытия и преждевременному отслоению. Для решения данной проблемы разработан HiPIMS метод. При этом используются высокомоощные импульсные токи, позволяющие получать гладкие однородные покрытий без образования капельной фазы, что является весомым преимуществом в сравнении с другими методами. Проблемой же применения HiPIMS является низкая скорость осаждения покрытия (в среднем, на 50 % медленнее, чем при PECVD) методе [2].

Однако, в связи с постоянно растущими требованиями, предъявляемые к качеству и экономической эффективности производства алмазоподобных покрытий, использование данных методов становится труднодоступным либо невозможным. В связи с этим для повышения конкурентоспособности на рынке производителей DLC-покрытий проводились лабораторные исследования по нанесению покрытий при помощи торцевого холловского ускорителя (ТХУ) модели «Стрелок-3» производства ООО «Изовак».

Исследование по напылению алмазоподобного покрытия при помощи ТХУ, расположенного под прямым углом к подложке, проводилось в вакуумной камере с использованием очищенного пропана C_3H_8 при условиях, указанных в таблице 1. В качестве поверхности, на которые наносились покрытия, были использованы кремниевые и германиевые подложки.

Таблица 1. – Условия нанесения покрытий с использованием ТХУ

$P_{ст}, \text{Па}$	$P_{раб}, \text{Па}$	$U, \text{В}$	$I_{н}, \text{А}$	Расход пропана $\text{C}_3\text{H}_8, \text{см}^3$	Время очистки, мин	Толщина покрытия $D_{изм}, \text{нм}$
$5,9 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	200	15,5	8–9,2	10	450

В ходе лабораторного опыта покрытие наносилось на образцы, расположенные на расстоянии 550 мм от источника, время напыления слоя толщиной 250 нм составило 60 минут. Испытания на адгезию проводились при помощи скотч-теста.

Результаты тестирования показали, что полученное в результате технологического процесса покрытие обладало слабой адгезией к подложке. Фотография образцов подложек с DLC-покрытием представлена на рисунке 1.

Также была выполнена серия экспериментов на разных расстояниях до подложки: начальное значение – 550 мм, конечное – 300 мм. Шаг изменения расстояния для каждого из экспериментов составлял 10 мм. Положительный результат был достигнут при приближении источника на расстояние 310 мм.

Следующим этапом данного лабораторного опыта была проверка адгезии пленки большей толщины. Для этих целей время нанесения напыления было увеличено с 60 минут до 95. На данном этапе обнаружено, что нанесенное покрытие обладает слабой адгезионной прочностью.

Температура подложки в ходе напыления составила 90 °С.

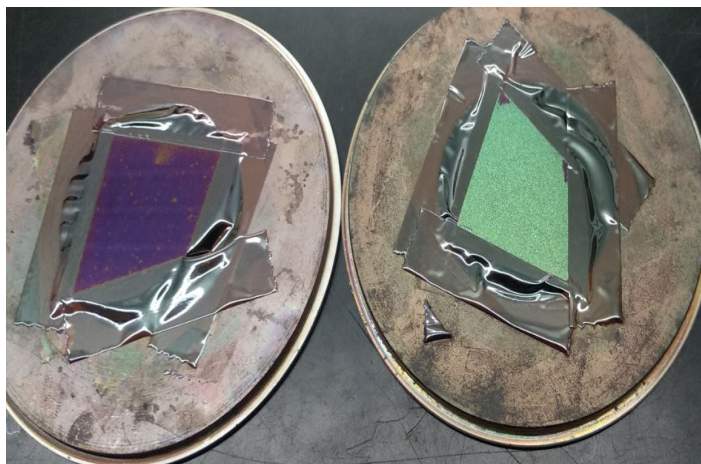


Рис. 1 – Образцы подложек с DLC-покрытием, полученных напылением при помощи ТХУ «Стрелок-3»

На основании рассмотренных выше результатов можно сделать вывод, что на адгезию углеродсодержащего алмазоподобного покрытия при помощи низкоэнергетичных источников (на примере торцевого холловского ускорителя) значительно влияет расстояние от источника до поверхности и толщина напыленного слоя.

Список использованных источников

1 Пигаль, Р. В. Технология плазменно-химического осаждения покрытий на основе углерода: дис. магистра техн. наук : 22.06.22 / Р. В. Пигаль. – М., 2022. – 145 с.

2 Боровиков, С. М. Методы нанесения DLC-покрытий / С. М. Боровиков [и др.] // Молодые ученые. – окт. 2021. – № 43(385). – С. 16–19.