

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦВЕТОВОЙ ГАММЫ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В настоящее время производство товаров невозможно представить без нанесения пленочных покрытий в вакууме. Товары, произведенные при помощи ионно-плазменного метода, постоянно используются как в повседневном обиходе человека, так и в промышленности.

По роду своего применения покрытия можно разбить на два класса: декоративно-защитные и функциональные.

Когда говорят о «функциональности», чаще всего имеют в виду полезное использование физических и химических свойств покрытий: электрических, оптических, магнитных, механических, коррозионных и каталитических, или их комбинации (оптических и электрических - пленки окисла сплава индий-олово обладают одновременно и оптической прозрачностью и электропроводностью). В качестве функциональных покрытий чаще всего используются пленки металлов в виде сплавов и их соединений с кислородом, азотом, углеродом (так называемые реактивные покрытия).

Особенно актуально то, что при достаточно высоких уровнях ионного воздействия можно получать так называемые «ионные» реактивные покрытия (пленки нитридов, карбидов, оксидов металлов), обладающие комплексом экстраординарных механических, теплофизических и оптических свойств (высокой твердостью, износостойкостью, электро- и теплопроводностью, оптической плотностью), коренным образом отличающихся от гальванических покрытий и покрытий, полученных вакуумной дугой, с их пористостью и капельной фазой.

С помощью вакуумных методов нанесения защитно-декоративных покрытий возможно формировать пленки из различных металлов и их соединений титана, циркония, алюминия, серебра, хрома, никеля, ниобия, тантала, нержавеющей стали, нитрида титана ( $TiNx$ ), нитрида циркония ( $ZrNx$ ), оксида титана ( $TiOx$ ), оксида циркония ( $ZrOx$ ), оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ), оксикарбида титана ( $TiCxOy$ ), оксикарбида циркония ( $ZrCxOy$ ), карбонитрида титана ( $TixNyCz$ ), карбонитрида циркония ( $ZrxCyCz$ ) и т.д.

Путём применения различного сочетания реактивных газов (азота, ацетилена, кислорода, углекислого газа) можно получить практически любой цветовой оттенок.

Декоративно-защитные покрытия наносятся вакуумными методами на изделия из меди, латуни, мельхиора, нейзильбера, стали, алюминиевых сплавов, томпака, пластмасс, стекла, керамики, и т.д. Так, ионно-плазменное напыление применяется при изготовлении плоских металлических листов с декоративным покрытием, деталей наружной рекламы (объемных металлических букв и табличек), оформления кабин лифтов, в качестве кровельного материала храмов и общественных зданий; плоских деталей солнечных коллекторов с селективными поглощающими покрытиями; объемных деталей металлической мебели, замков, петель, другой фурнитуры, элементов проемов зданий, кованых и сварных элементов лестничных ограждений, деталей сантехники (полотенцесушителей, кранов, смесителей и пр.), автомобильной фурнитуры с защитно-декоративными покрытиями, наносимыми в вакууме взамен или совместно с традиционными гальваническими покрытиями.

Для исправления недостатков шероховатости и фактуры поверхности заготовок, получения требуемых механических и коррозионных свойств поверхности изделий необходимо наносить на некоторые материалы дополнительно барьерные (запирающие) слои. В качестве барьерных слоёв применяются гальванические (хром, медь-хром), лакокрасочные материалы (например, при напылении на пластмассы). Иногда на декоративные покрытия наносятся защитные пленки (например, лаковые при напылении на пластик).

Качество декоративно-защитных покрытий целиком и полностью определяется качеством поверхности заготовок (шероховатость, фактура и т. д.), качеством подготовки поверхности заготовок (наличие загрязнений, наличие окисных плёнок, степень активации поверхности ионным травлением), культурой производства.

Вакуумное ионно-плазменное напыление является финишной операцией. Не допускается последующая механическая обработка деталей, их пайка, сварка.

Себестоимость нанесения декоративно-защитных покрытий зависит от габаритов, формы и материала деталей, требований, предъявляемых к покрытию, годового объёма выпуска деталей (вакуумные ионно-плазменные методы напыления относятся к промышленным методам производства).

Цвета декоративно-защитных покрытий принято представлять в так называемых единицах Cielab (sccm), полученных в результате обработки данных отражения покрытий от источника света, наиболее сильно приближающегося к спектральному распределению дневного света (типа С) по параметрам L (блеск покрытия), +a (красный цветовой компонент), -a (зелёный цветовой компонент, +b (жёлтый цветовой компонент), -b (синий цветовой компонент).

Для получения декоративных покрытий металлического цвета на деталях из пластмасс широко используется в качестве материала катода алюминий. Алюминий обладает более высоким коэффициентом отражения, является более легкоплавким металлом по сравнению с титаном, цирконием. Однако поверхность алюминия очень быстро окисляется, поэтому необходимо на алюминиевую плёнку наносить защитное лаковое покрытие.

Очень широко используются для получения покрытий золотистого цвета. Покрытия на основе титана и циркония имеют более низкие коэффициенты отражения по сравнению с золотыми покрытиями.

**Таблица 1 – Цветовые компоненты покрытий из TiNy в зависимости от расхода N<sub>2</sub>**

F <sub>N<sub>2</sub></sub> , sccm.	L	+a	+b
15	72	0,9	6
20	75	0,8	5,5
25	74	0,87	5,7
35	73	0,5	12
38	73	0,63	18
40,5	75	1,5	22,3
44	71	3,2	34
47	70	6,4	35

**Таблица 2 – Сравнение цветов золота и нитрида титана**

Материал/цвет	L (блескпокр.)	+a	+b
Золото (24 кар.)	89	3,0	40
Нитрида титана	71	3,2	34

**Таблица 3 – Цветовые компоненты покрытий из WxNy в зависимости от расхода N<sub>2</sub>**

F <sub>N<sub>2</sub></sub> , sccm.	L	+a	+b
50	75	0	2,2
100	75	0	3
150	78	0	2,1
200	73	0	2

Карбиды, оксикарбиды, карбонитриды титана и циркония получают при использовании ацетилена или углекислого газа в качестве реактивных газов; в процессе распыления титана и циркония возможно получить серые, чёрно-серые и коричнево-чёрно-серые цвета.

**Таблица 4 – Цветовые компоненты покрытий  $Ti_xN_yC_z$  в зависимости от расхода  $N_2$  и  $C_2H_2$**

$F_{N_2}$ , sccm.	$f_{C_2H_2}$ , sccm.	+a	+b
27,0	4,1	2,1	27,3
26,5	5,0	4,7	27,0
23,5	8,0	8,8	19,8
23,3	8,3	4,9	19,2
23,1	8,4	2,8	18,9
22,7	9,0	3,2	17,4
22,5	9,4	3,9	16,5
22,4	9,5	3,5	15,6

Нанесение декоративно-защитных покрытий с помощью вакуумных ионно-плазменных (вакуумно-дугового и магнетронного) методов напыления находит все более широкое распространение благодаря высокому качеству получаемых декоративно-защитных плёнок и экологической чистоте производства, что особенно важно в современных условиях производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://5ka.ru>.
2. <http://nitridtitana.ru>.
3. <http://www.plasma.megamir.ru>
4. <http://www.plasmacentre.ru>

УДК 621.7/9.048.7

*Котов С.Ю., Беляев Г.Я.*

### ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА МЕТОДОМ НАНЕСЕНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В процессе работы режущий инструмент (РИ) подвергается частичному или полному износу. Существует ряд технологических способов обработки рабочей поверхности, направленных на ее упрочнение, наиболее прогрессивным и эффективным из которых является метод нанесения на поверхность инструмента покрытий из твердых соединений.

Износостойкое покрытие (ИП) – слой материала (как правило, химического соединения тугоплавких металлов) на поверхности инструментальной основы, который отличается по своим кристаллохимическим, физико-механическим и теплофизическим свойствам от соответствующих свойств основы. Назначение ИП – повышение периода стойкости РИ путем увеличения микротвердости, коррозионной стойкости и термодинамической устойчивости поверхностного слоя, а также снижения фрикционного взаимодействия РИ и обрабатываемого материала.

Широкое промышленное использование РИ с износостойкими покрытиями позволяет решать целый комплекс следующих вопросов:

- значительно повышать период стойкости и надежность РИ;
- увеличивать производительность процессов обработки резанием;
- сократить удельный расход дорогостоящих инструментальных материалов и дефицитных элементов (вольфрам, молибден, тантал, кобальт) для их изготовления;
- расширить область использования твердых сплавов и сократить номенклатуру применяемых сплавов стандартных марок;
- повысить качество поверхностного слоя и точность размеров обработанных деталей.