

ИЗСЛЕДВАНЕ ТВЪРДОСТТА НА СИСТЕМАТА Ti – PS BS190 КРИСТАЛЕН, ПОЛУЧЕНА ЧРЕЗ МАГНЕТРОННО РАЗПРАШВАНЕ

Полина Илиева Милушева – Мандаджиева

Университет „Проф. д-р Асен Златаров“, гр. Бургас, pmilusheva@abv.bg

RESEARCH HARDNESS OF THE Ti – PS BS190 CRYSTAL SYSTEM, OBTAINED BY MAGNETRON SPUTTERING

Polina Ilieva Milusheva - Mandadzhieva

University „Prof. d-r Asen Zlatarov“, Burgas, pmilusheva@abv.bg

Abstract

The hardness of a titanium coating deposited on polystyrene PS BS190 crystal by vacuum deposition was investigated. The technological modes of deposition of the metal layer have been optimized in order to obtain a quality coating. The microhardness of the layers is measured. The results of the tests that have been carried out are graphically represented and conclusions are made.

Keywords: hardness, magnetron sputtering, thin films, vacuum deposition, titan

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните тенденции на промишленото развитие изискват нови технико-икономически решения за повишаване на експлоатационна надеждност на изделията, пестеливо разходване на суровините и високи якостни характеристики на материалите. Едно перспективно направление, за постигане на тези изисквания е използването на метализирана пластмаса. Това решение позволява съществено да се намали теглото на конструкцията и рационално използване на металите при запазване на якостните и технологични характеристики на изделията. Ето защо, в съвременното машиностроене и приборостроене, все по-широко се използват полимерни материали с нанесено метално покритие.

Заменяйки металните изделия с изделия от метализирана пластмаса, се постига рационално използване на металите, употребяването им в такова количество и само там, където са необходими техните метални свойства. Металният слой, нанесен върху полимерен материал, защитава същият от УВ-лъчението, топлинните потоци, намаля-

ва проникваемостта на влага и кислород. Тези свойства на металните покрития предпазват полимерните материали от бързо стареене.

Друго предимство на това решение е, че се дава възможност за заменяне на скъпо струващите метални изделия и получаване на нови структури с уникални свойства, чието използване води до намаляване на цената и теглото на изделията, както и икономия на материали и енергия.

Разработени са ефективни технологии за нанасяне на покрития, както във вакуум, чрез магнетронно разпръскване [1,2,3] при температура на обработка под температурата на топене на основния материал, така и при ниски температури, с използване на технологията на кипящия слой [4,5,6].

Тези технологии, значително повишават механичните качества на контактната повърхност, при сравнително ниска цена.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Цел и задачи на изследването

Целта и задачите, поставени в настоящата разработка е оптимизиране на техноло-

гичните режими за получаване на качествено покритие от Ti върху полистирол БС190 кристален, чрез магнетронно-йонно разпрашване и изследване твърдостта на системата покритие – полимерна подложка.

Избрани са Ti и полистирол Бустрен марка ПС БС190 кристален БДС 12603-85, като материали съответно за покритие и подложка. Изборът им е повлиян от свойствата им и практическото им приложение [7,8].

Материал за покритие и подложка

Титанът е лек, як, блестящ, устойчив на корозия преходен метал с бял сребрист метален цвят. Двете най-използвани свойства на титана са неговата устойчивост на корозия и високото съотношение здравина/тежест (най-високото спрямо всички останали метали). В чист вид без примеси титанът има здравината на някои стомани, но е с 45% по-лек от тях. [9]

Някои от механичните характеристики на титана са:

- якост на опън – 434 МПа;
- граница на провлачване – 183 МПа;
- относително удължение – 45 %;
- твърдост – 51 HRC

Полистирол Бустрен марка БС 190 кристален БДС12603-85, основните характеристики на който са представени в таблица 1, е материал със средна удароустойчивост и с нормална течливост. Трябва да се съхранява в сухи закрити помещения, без достъп на пряка слънчева светлина и защитени от влага. Употребява се за производство на изделия за обща употреба, детайли в електротехниката, технически детайли, детски играчки, изделия за бита и др. [8].

Широкото използване на кристален полистирол в електротехниката и автомобилостроенето и ниската му цена го правят търсен и предпочитан.

Таблица 1. Основни характеристики на ПС БС190 кристален

№	Показатели	ПС БС190 кр	Методи за изпитване
1	Якост на удар по Изод с нарез, J/m, не по-малко от	15	ASTM D 256
2	Якост на скъсване, Мра, не по-малко от	6	ASTM D 638
3	Относително удължение, %, не по-малко от	7	ASTM D 638
4	Якост на огъване, МРа, не по-малко от	9	ASTM D 790
5	Съдържание на летливи, wt %, не повече от	0,3	БДС 12603, т. 5.8
6	Съдържание на влага, wt %, не повече от	0,2	БДС 12603, т. 5.8
7	Топлоустойчивост по Вика, °С, не по-малко от	90	ASTM D 1525
8	Индекс на стопилка при 200 °С, натоварване 5 kg, g/10 min	4,0 - 7,0	ASTM D 1238

Получаване на металните покрития

Еднослойните метални покрития от Ti се получават чрез магнетронно йонно разпрашване във вакуум [10,11,12]. Използва се многофункционална вакуумна инсталация ВУП-5 (Украйна), при лаборатория „Физични технологии“ към ИЕ на БАН – гр. Сливен.

Поради наличието на органични и други замърсявания на повърхността на полимерния материал, предварително подложките трябва да се почистят. Образца се обезмаслява с помощта на памучна кърпа и технически спирт при атмосферни условия.

Следва измиване с повърхностно активно вещество и чиста вода с температура 50 °С. Подложките се поставят във вакуум-камерата, в която ще се нанася

металния слой. Там се изсушават до достигане на постоянна маса. С цел създаване на допълнителен окисен слой, подложките предварително се обработват с кислород. Стойностите на параметрите на режима са:

- налягане на кислорода – $p = 0,06 \text{ Pa}$;
- работен ток – $I_p = 0,8 \text{ A}$;
- работно напрежение – $U_p = 390 \text{ V}$;
- времетраене – 5 min.

Отчитайки конкретните особености на лабораторното оборудване и след серия от експерименти са установени оптимални технологични параметри на режима на нанасяне, представени в таблица 2.

Изследване на твърдостта на системата покритие - подложка

Получените покрития от титан са с малка дебелина $\approx 2,5 \mu\text{m}$. Измерването на

тяхната собствена твърдост е възможно само чрез измерване на микротвърдостта им [13].

Настоящото измерване на микротвърдостта е по метода на Викерс. Използван е нанотестер с компютърно управление FISHERSCOPE® H100 (Германия), представен на фигура 2.

Системата осигурява максимална чувствителност и позволява измерване при натоварване от 0,4 до 1000 mN. На практика се използва за всички тънки покрития.

Индентор е диамантена пирамида, а натоварването е 5 mN, поради това, че подложката е полимерна.

Обект на измерване са три проби, на които е нанесено титаново покритие. Измерванията са извършени в различни точки от повърхността, при следния режим:

Начин на работа: *Натоварване в точка*

Индентор: *Викерс*

Режим на работа: *Натоварване, с последващо разтоварване*

Натоварваща сила: *Нарастваща от 0,4 mN до 5 mN*

Брой стъпки за един цикъл: *60 стъпки през 0,766 mN*

Задържане между две стъпки: *1 s*

Общо време на натоварване: *60 s*

Време на задържане преди старта: *2 s*

Измерена е твърдостта на образеца от страната без покритие и твърдостта на слоя. Отчетени са средните стойности от извършените измервания. Освен твърдостта HV при измерването се отчитат стойностите на модула на еластичност E^* , GPa пълната енергия W_t , nJ и енергията на пластична деформация W_p , %. Резултатите са посочени в таблица 3.

Таблица 2. Оптимални технологични параметри на режима на нанасяне на покритието

Процес	Параметър	Означение	Стойност
предварително почистване	топла вода, веро и изплакване с дестилирана вода, изсушаване на въздух		
катодно почистване	няма		
обработка с кислород	работно налягане	p_w, Pa	0,06
	работно напрежение	U_w, V	390
	разряден ток	I_w, A	0,8
	времетраене на процеса	t_w, s	300
процес на нанасяне	налягане на работния газ	p, Pa	0,09
	напрежение на разряда	U_p, V	450
	ток на разряда	I_p, A	0,8
	време за нанасяне	t, s	2400



Фиг. 1. Процес на магнетронно йонно разпрашване във вакуум



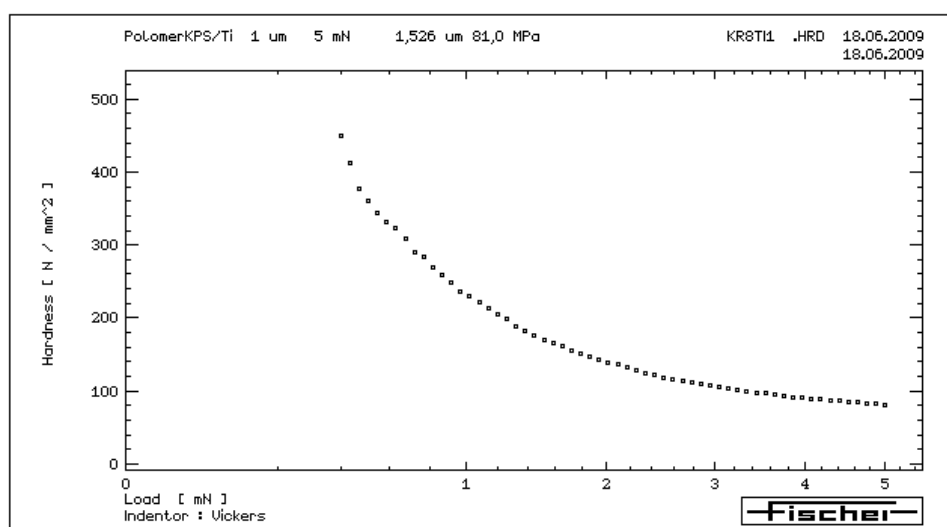
Фиг. 2. Нанотестер с компютърно управление FISHERSCOPE® H100

Таблица 3. Отчетени стойности на якостните характеристики на нанесеното покритие

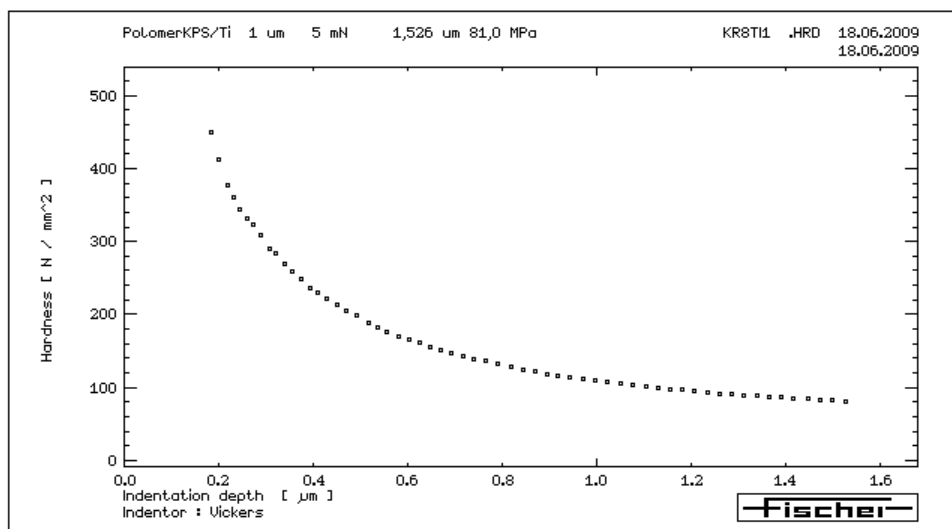
Обект на измерване	№	Твърдост HV	Дълбочина на проникване на индентора $h, \mu m$	Модул на еластичност E^*, GPa	Пълна енергия W_p, nJ	Енергия на пластична деформация $W_p, \%$
Страна без покритие	1	10,1	4,676	0,19	8,8	50,82
	2	9,8	3,326	0,23	9,2	49,66
	3	8,9	5,306	0,21	9,4	47,06
	ср.ст-т	9,6	4,436	0,21	9,13	49,18
Страна с покритие	1	94,6	1,527	2,88	3,57	20,90
	2	79,4	1,391	3,57	3,29	18,44
	3	69,0	1,660	2,46	3,34	19,88
	ср.ст-т	81,0	1,526	2,97	3,40	19,74

На фигури 3-5 е показано изменението на пълната енергия и енергията на пластична деформация за системата покритие-подложка, за страна без покритие и за страна с покритие от Ti, в зависимост от натоварването.

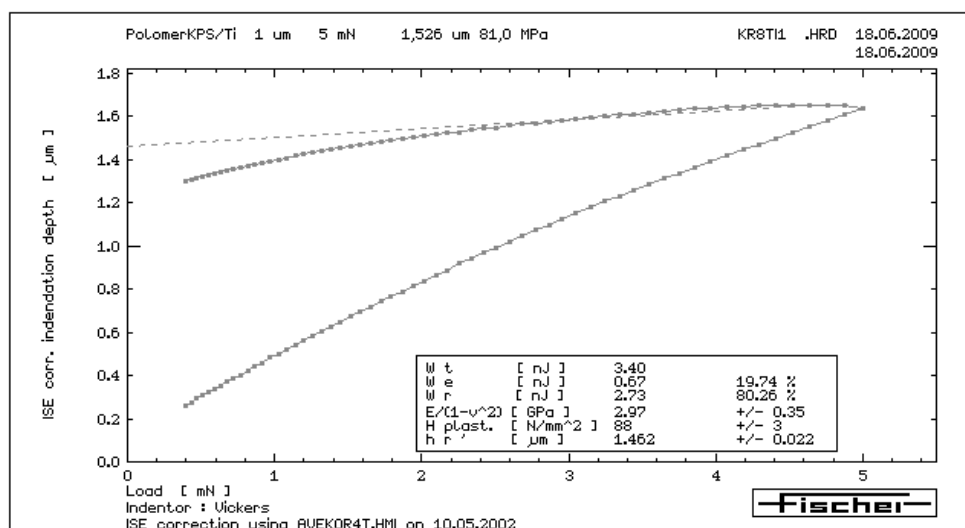
На база получените средни стойности за микротвърдостта, е построена хистограма, показана на фигура 6. От фигурата се вижда значителното увеличаване на твърдостта, след нанасяне на титановото покритие.



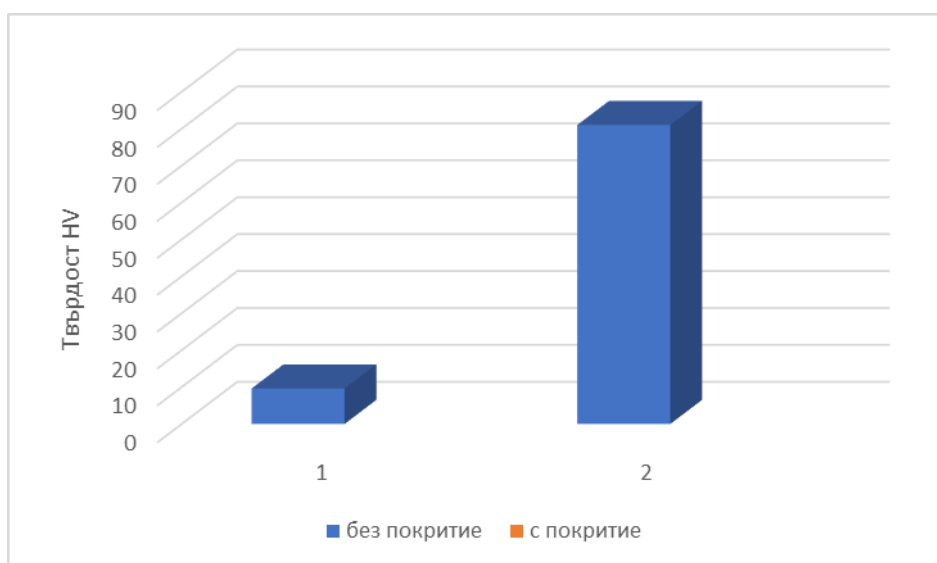
Фиг. 3. Зависимост на твърдостта HV от натоварването за покритие от Титан, нанесено върху подложка от ПС BC190 кр



Фиг. 4. Зависимост на твърдостта HV от дълбочината на проникване за покритие от Титан, нанесено върху подложка от ПС BC190 кр



Фиг. 5. Диаграма натоварване-разтоварване и механични характеристики от наноинденцията за покритие от Титан, нанесено върху подложка от ПС BC190 кр



Фиг. 6. Диаграма на микротвърдостта за покритие от Титан, нанесено върху подложка от ПС BC190 кр

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направените изследвания на микро-твърдостта могат да се направят следните изводи:

- получени са покрития от титан върху кристален полистирол по метода на вакуумно магнетронно разпръскване;
- получените покрития са равномерни и с дебелина, позволяваща измерване на микротвърдост;
- измерването на микротвърдостта е извършено с помощта на ултра-ниско натоварвана динамична система за микро отстъп, позволяваща бързо и лесно автоматизирано тестване на микро-твърдост и други физични свойства, без влияние на субективния фактор;
- за точно и коректно измерване, индентора на микротвърдомера трябва да попада в централната зона на зърната, а не в междузърнестите пространства; това е известно затруднение, породени от същността и структурата на полимера;
- измерените стойности на микротвърдост за системата покритие-подложка, от страна с покритие, надвишават значително стойностите на твърдостта на полимера;
- автоматизираното изпитване на твърдост, позволява и измерване на механичните свойства – еластичност, пластичност и модул на еластичност.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Leon A. Benefits of split mandrel coldworking. *International Journal of Fatigue* 1998;20(1):1-8.

[2] Milusheva P., Tz. Uzunov, N. Ivanov, Research on the surface characteristics of *Ti* and *Fe-Cr-Ni* alloy thin films on polymeric substratum. *Journal of the Balkan Tribological Association* 2010;16(4):564–569.

[3] Rusev D. High voltage technology for deposition of carbon coating onto polymeric substrate. *Journal of the Balkan Tribological Association* 2019;25(1):3-11.

[4] Rusev D. Hydrodynamics of fluidised bed layer by the deposition of wear-resistant coating onto polyamide structure. *Journal of the Balkan Tribological Association* 2017;23(2):308-317.

[5] Rusev D. MODIFICATION OF THE SURFACE LAYER OF A BLADE FOR FREON OPERATED TURBINE, Annual Assen Zlatarov University, Burgas 2018; XLVII(1):121-125.

[6] Rusev D. Methodology for Technological Calculation and Design of Fluid Apparatuses. Annual Assen Zlatarov University, Burgas 2005; XXXIV (1): 115-120.

[7] Kostov K., Mechikian T. E., Nedev T. B. et al., Materials selection and strength sizing in mechanical engineering. Sofia: Engineering, 1988.

[8] Engineering Plastics with Industrial Application, Company Catalog of Yavor I Ltd. - Plovdiv.

[9] [https://bg.wikipedia.org/wiki/Титан_\(елемент\)](https://bg.wikipedia.org/wiki/Титан_(елемент))
25.04.2018

[10] Lipin Yu. V., Rogachev A. V., Kharitonov V. V., Vacuum metallization of polymeric materials, L.:Chemistry,1987.

[11] Lipin Yu. V., Meerson S. L., Myakisheva L. S. et al., Metallization of polymer films in vacuum, Riga:Obzor-LatNIINTI, 1974.

[12] Lipin Yu.V., Meerson S. L., Myakisheva L. S. et al., Surface preparation of polymer films before vacuum metallization, Riga:Obzor-LatNIINTI, 1980.

[13] Angelov, I., Petrov M., Theory of Engineering Experiment, TU-Gabrovo, 2002.