



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

## تحلیل رویکرد اندازه گیری میکروسختی برای مشخصات روکش های سخت

### چکیده

تحلیل مسائل راجع به اندازه گیری میکروسختی ورقه نازک (1 تا 5 میکرونی) بوسیله تکنیک های مختلف در خصوص روکش های کربن الماس مانند اجرا می شود. به طور تجربی نشان داده شده است که بهره برداری از وابستگی  $\lg(H_m - H_s)$  بر حسب  $d$  به مقادیر صفر از  $d$  که در آن  $H_s$  میکروسختی سوبسترای ورقه است، و  $H_m$  میکروسختی رسمی سوبسترای روکش دار و  $d$  عمق هرم Berkovich می باشد، منجر به مقادیر میکروسختی روکش قابل اتکای  $H_f$  مستقل از خصوصیات سوبسترا و تعیین مشخصات خود روکش می شود. این روش برای کسب متوسط مقادیر  $H_f$  روکش های چندلایه استفاده می شود. مشخص شده که زبری سطح روکش ها باعث تعویق تعیین صحیح میکروسختی روکش بوسیله تکنیک های نانودندانه گذاری می شود. صاف کردن سطح روکش (به طور مکانیکی یا خراشیدگی یونی) باعث فراهم سازی شرایطی برای اندازه گیری میکروسختی صحیح می شود. نتیجه گیری می شود که مقادیر  $H_f$  واقعی روکش های کربن الماس مانند بدست آمده با شتاب گرافیت قوس پالس دار از 100GPa تجاوز می کند.

کلمات کلیدی: فیلم نازک، پوشش کربن، ریزگرد

### 1-مقدمه

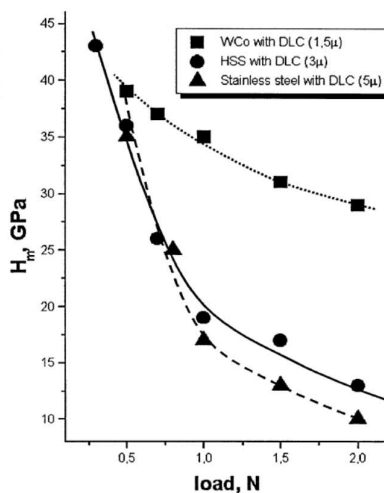
میکروسختی اغلب برای تعیین مشخصات استقامت مواد جامد و روکش های مقاومت کننده بکار می رود چرا که خصوصیتی دارد که راحت اندازه گیری می شود. ولیکن شیوه متداول اندازه گیری میکروسختی ( $H$ ) (با اندازه گیری اندازه اثر هرم الماس در بارهایی که معمولا از 200mN تجاوز می کند) در مورد روکش های سخت نازک (تقریبا 1 الی 5 میکرومتری) معمولا تنها یک مقدار اثربخش  $H_m$  را بدست می دهد، که متفاوت از میکروسختی خود روکش ( $H_f$ ) می باشد، چون در چنین بارهایی روکش طی اندازه گیری همراه با ماده سوبسترای زیرین بدشکلی پیدا می کند. این امر به وابستگی مقدار اثربخش  $H_m$  روی بار (شکل 1) منجر می شود. در این خصوص، وابستگی عمق دندانه گذار ( $d$ ) روی بار ( $P$ ) می تواند برای تعیین مقدار واقعی  $H_f$  بکار رود. پیشرفت اخیر در نانوتکنیک ها، به کاهش قابل ملاحظه مقادیر بار ( $\leq 20$  mN) امکان داده است و با این حساب به توانایی مستقیم

اندازه گیری میکروسختی برای روکشهای سخت امکان داده است. در مقاله کنونی، مقایسه هر دو روش (معمولی و نانو) برای تعیین مقادیر  $H_f$  در مورد روکش های کربن الماس مانند (DLC) و ورقه های چندلایه ای Ti-C طی سه اجرا انجام گردیده و بحث شد.

## 2- نتایج و بحث

DLCها در یک اتاقک خلا مجهز به سه منبع (منبع یون گازی برای حکاکی، منبع قوس الکتریکی برای شتاب فلزی غیرمغناطیسی، و منبع کربن قوسی پالسی برای ته نشست DLC) با شتاب پالسی هدف گرافیتی با فرکانس مختلف ( $f \sim 1-30$  Hz) بدست آمدند. برای یک طراحی معین از یک نگهدارنده نمونه، تغییر  $f$  باعث فراهم سازی درجه حرارت متفاوت سوبسترا ( $T_s$ ) می شود: یعنی برای  $f = (1-5)$  Hz، درجه حرارت  $T_s \sim (70-120)$  °C می باشد، برای  $f = 20$  Hz درجه حرارت برابر  $T_s \sim 300$  °C می باشد.

سوبستراهای دارای مقادیر میکروسختی اولیه متفاوت  $H_s$  از 2GPa (کربن فولاد) تا 18GPa (WCC) آلیاژ کبالت استفاده گردیدند. برای کسب چسبندگی خوب، لایه TiC حدوسط ته نشست گردید. کیفیت چسبندگی با یک بررسی میکروسکوپ بصری اثرات استاندارد Rockwell بررسی گردید.



شکل 1- وابستگی های میکروسختی  $H_m$  به بار P ی هر م Vickers برای DLCهایی که روی سوبستراهای متفاوت ته نشست شده است.

اولین اجرای اندازه گیری میکروسختی بوسیله میکروسختی سنج مارک PMT-2 ( $P=0.2-2N$ ) و مارک Akashi ( $P=0.05-1N$ ) اجرا گردید. طبق مقادیر میکروسختی موثر بدست آمده ( $H_m$ ) وابستگی های  $f(d) = \lg(H_m - H_s)$  رسم گردید. مقادیر  $H_f$  با بهره برداری از وابستگی های تابع  $f(d)$  به مقدار  $d$  صفر بدست آمد. همبستگی استاندارد  $d=D/7$  می باشد که در آن  $D$  اندازه اثر هرم Berkovich می باشد که استفاده شده است.

وابستگی های معمول  $f(d) = \lg(H_m - H_s)$  برای DLC ها و ورقه های چندلایه ای به سوبستراهای مختلف در شکل 2 به تصویر کشیده شده است (هر نوع روکش در یک چرخه ته نشست بدست آمده). مقادیر عددی در جدول 1 آمده است. همانگونه که دیده می شود، مقادیر  $H_f$  برای همان نوع روکش های ته نشست در دور اول روی سوبستراها که دارای  $H_s$  مختلف می باشند در دامنه 10 درصد مقارن است. با این حساب می توان نتیجه گرفت که مقادیر بدست آمده  $H_f$  بازتاب اساسا خصوصیات خود روکش هاست و تقریبا مستقل از نوع سوبسترا می باشد.

بوسیله این رهیافت این احتمال وجود دارد که به طور مستقیم اثر شرایط ته نشست را روی خصوصیات روکش ها تحلیل کنیم. مشخص شده که DLC های ته نشست در درجه حرارت سوبسترای پایین (  $f = 1 \text{ Hz}, T_s \sim 70^\circ \text{C}$ ؛ نمونه های 6 و 7 در جدول 1) به طور برجسته ای مقادیر بالاتر  $H_f$  را نسبت به

آنی که در درجه حرارت سوبسترای بالاتر ( $f = 20 \text{ Hz}, T_s \sim 300^\circ \text{C}$ ؛ نمونه های 8 و 9 در جدول 1) دارد.

افزایش محتوای تیتانیوم در هر لایه ورقه های چندلایه (نمونه های 4 و 5 و 11 در جدول 1) منجر به کاهش  $H_f$  می شود. استفاده از محیطهای گاز مختلف در چرخه ته نشست DLC نیز به کاهش  $H_f$  بویژه در مورد گاز آرگون می شود (جدول 2).

اجرای اندازه گیری میکروسختی دوم بوسیله دو نانوسختی سنج متفاوت با بار متفاوت در موسسه فیزیکی لانژو در چین ( $P$  تا مقدار 20mN) و در موسسه مواد فوق سخت اوکراین ( $P$  تا 10mN) برای DLC های با ضخامت 2

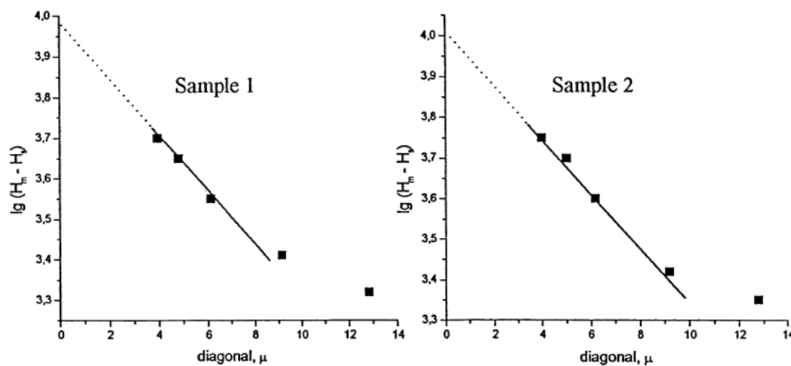
میکرومتری روی فولاد با سخت سخت HSS انجام گردید. یک توجه خاصی به شرایط اندازه گیری ذیل مبذول شد:

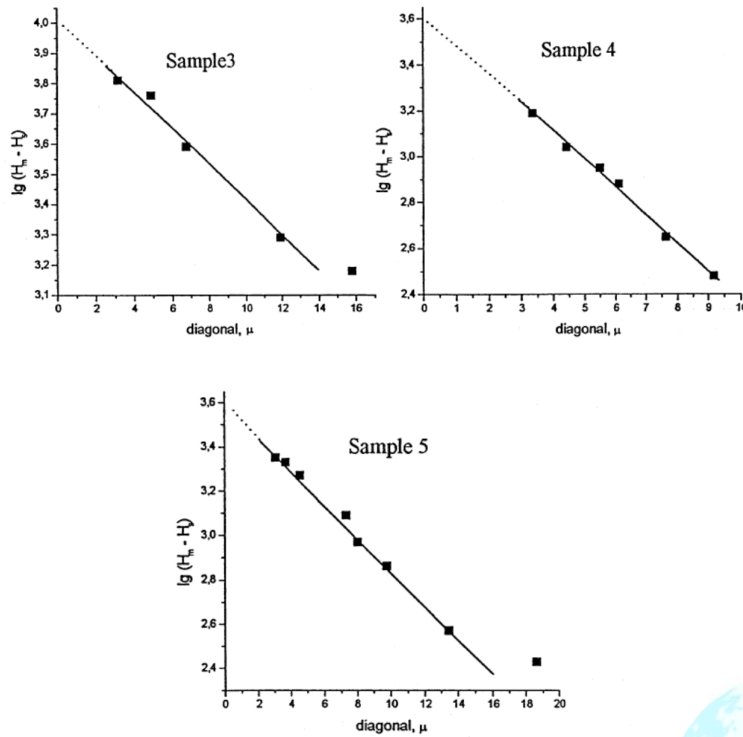
1- همان درجه حرارت یک نمونه و نانودندانه گذار

2- سرکوبی ارتعاشات دستگاه

جدول 1- میکروسختی ورقه های DLC و Ti-C چندلایه ته نشست روی سوبستراهای مختلف

Sample number	Type of substrate	$H_s$ (GPa)	$f$ (Hz)	DLC thickness ( $\mu\text{m}$ )	$H$ (GPa)	
					PMT-3	AKASHI
روکش های DLC ته نشست در یک چرخه خلا						
1	HSS	9.5	5	~3	95	-
2	ShX15	8.5	5	~3	90	-
3	Carbon steel	2	5	~7	95	-
ورقه های چندلایه ای (20nm تیتانیوم به اضافه ورقه کربن 480nm) برای نمونه های ته نشست در یک چرخه خلا						
4	WCo	18	5	3	55	-
5	HSS	9.5	5	3	50	-
DLC های ته نشست در فراوانی متفاوت شتاب هدف گرافیتی						
6	HSS	9.5	1	~1	80	80
7	HSS	9.5	1	~1.4	100	90
8	HSS	9.5	20	~1	55	60
9	HSS	9.5	20	~1	60	60
10	WCo	18	5	1.5	110	-
ورقه چندلایه ای (20nm تیتانیوم به اضافه ورقه کربن 480nm)						
11	HSS	9.5	5	4	70	-

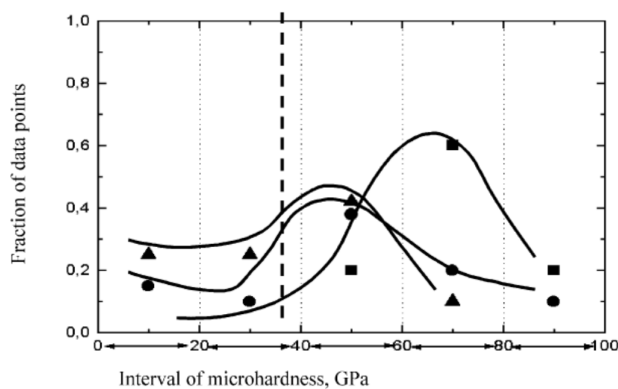




شکل 2-  $Lg(H_m - H_s)$  بر حسب اندازه قطر مسیر هرم ویکرز. مشخصات نمونه های 1 تا 5 در جدول 1 آمده است.

جدول 2- میکروسختی DLC ته نشست در گازهایی یاری رسان مختلف

Sample number	Substrate material	Assistant gas	P (Pa)	Film thickness ( $\mu\text{m}$ )	$H_s$ (GPa)	$H_f$ (GPa)
1	HSS	-	$(3-5) \times 10^{-3}$	3	9.5	90
2	Carbon steel	Ar	$(1.5-1.8) \times 10^{-2}$	4.5	2	65
3	Carbon steel	N	$(1.5-1.8) \times 10^{-2}$	5	2	85
4	Stainless steel	N	$(1.5-1.8) \times 10^{-2}$	5	2.7	85



شکل 3- فراکسیون نقاط داده های میکروسختی که در حدفاصل میکروسختی مشخص شده تحت انتخاب

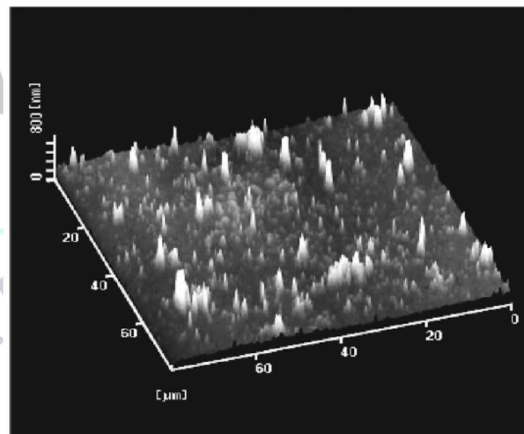
تصادفی نقاط اندازه گیری در سطح روکش DLC شناسایی شده است. (a) ورود دیاگرام غیرنرمال P بر حسب d.

(b) ورود دیاگرام نرمال P بر حسب d.

3- صحت بالای تعیین موقعیت عمودی دندان‌ه گذار طبق بار و

4- صحت بالای موقعیت اثر (بالای 400 نانومتر)

در هر نقطه اندازه گیری دیاگرام P بر حسب d ثبت شده و دیاگرام های معمول در شکل 3 نشان داده شده است. نقاط به طور تصادفی انتخاب شده و پراکنش قوی داده های  $H_f$  مشاهده می شود (شکل 3). در نقاطی که در آنجا مقادیر به طور غیرنرمال پایینی از  $H_f$  (کمتر از 40 GPa) بدست آمد، نیز دیاگرام های غیرنرمال مشاهده شده بود. در عین حال، در نقاط اندازه گیری با مقادیر  $H_f > 40$  GPa، دیاگرام های معمولی یافت گردید. می توان تصور کرد که چنین پراکنشی در داده های کسب شده در اثر ریخت شناسی یک سطح DLC می باشد (شکل 4). دیده شده است که متوسط زبری نقش برجسته متوسط تقریبا صدنانومتر با پیک جداگانه تا هزار نانومتر می باشد و مقادیر نقش برجسته با عمق نانودندانه گذار قابل مقایسه است.



شکل 4- تصویر AFM از سطح DLC با ابعاد پیمایشی 80 در 80 میکرومتر.

مشهود است که در اکثریت موارد شرایط اندازه گیری میکروسختی صحیح (دندان‌ه گذار سخت، صفحه ایده آل) روایی ندارد. سخت است که بفهمیم بویژه درباره مقادیر بار پایین که در کجا اندازه اثر به میکروسختی واقعی روکش مربوط است چون بار طی اثرگذاری می تواند تنها روی قله نقش برجسته متمرکز شده و با اینحساب منجر به افزایش اندازه اثر و مقادیر  $H_f$  تخمین زده شده کمتر از حد واقعی بشود. تنها در موارد معدودی، شرایط یک اندازه گیری میکروسختی صحیح به شکل روا و معتبر می باشد و از اینرو مقادیر نادر  $H_f \sim 100$  GPa می تواند

قابل اتکاترین باشد. با اینحساب، می توان تصور کرد که برای اندازه گیری میکروسختی صحیح یا باید بخشهای صاف سطح را یافت یا سطح را باید صاف و صیقلی کرد.

برای تایید این فرضیه، سومین دور اندازه گیری میکروسختی برای DLCهای زبری نقش برجسته سطح صاف شده اجرا گردید (جدول 3). صافی هم با صیقل کاری مکانیکی بوسیله خمیر الماس 1 میکرونی یا با خراشیدگی یون ارگون یا اکسیژن (بخشهای مختلف همان نمونه ها) تا عمق تقریبا صدنانومتری انجام گردید. اندازه گیری ها برای نمونه های صیقلی شده مکانیکی اجرا شده توسط نانوتکنیک به کمک شرکت Diavat Ltd (در کشور اسرائیل) (جدول 3) نشان دهنده مقادیر میکروسختی میانگین گیری شده افزایش یافته است که واقعا نزدیک به مقدار 100GPa می باشد، مقداری که به شکل  $H_f$  واقعی براساس تحلیل داده های دور قبلی تخمین زده شد.

استفاده از نمونه های داری سطح صاف برای اندازه گیری های میکروسختی معمولی هم مفید از آب درآمده است. در این مورد، نقشهای اثر را می توان با صحت بالاتری اندازه گیری کرد و این امر به انجام اندازه گیری ها در بارهای پایین تر امکان می دهد. در نتیجه، کیفیت بهره برداری تا مقدار صفر d بهتر بوده و مقادیر بدست آمده  $H_f$  نیز نزدیک به 100GPa می باشد (جدول 2). داده های جدول 3 نشان می دهد که مقادیر قابل اتکای میکروسختی برای DLCها بدون هیدروژن نزدیک به میکروسختی  $H_f \sim (140-160)$  الماس جامد می باشد.

جدول 3- میکروسختی DLC بعد از صیقل کاری سطح

ماده سویسترا	صیقل کاری سطح DLC	$H_f$ (GPa)
HSS	سطح DLC بعد از ته نشست	80
	سطح DLC بعد از حکاکی با اکسیژن	121
	(عمق حکاکی تقریبا 100 نانومتر)	140
	سطح DLC بعد از حکاکی با ارگون	
	(عمق حکاکی تقریبا 100 نانومتر)	
فولاد شماره ShX-15	سطح DLC بعد از ته نشست	90
	صیقل کاری مکانیکی با خمیر الماس	100

در این معنا، این روکش ها حقیقتا از نوع الماس می باشد.



### 3- خلاصه

1- بهره برداری از نمودار لگاریتمی  $H_m$  بر حسب  $d$  تا مقادیر صفر  $d$  در خصوص اندازه گیری های میکروسختی

متداول باعث کسب مقادیر صحیح  $H_f$  میکروسختی ورقه نازک (حدود چندین میکرون) مستقل از خواص ماده سوبسترا می شود.

2- تکنیک نانودندانه گذار باید با مراقبت زیادی استفاده شود اگر زبری نقش برجسته سطح با یک عمق نانودندانه گذار قابل مقایسه باشد.

3- صاف کردن نقش برجسته سطح یا به طور مکانیکی یا با حکاکی یونی باعث ایجاد شرایطی برای کسب مقادیر صحیح میکروسختی ورقه بوسیله یک تکنیک متداول (گزینه 1) به شکل یک دستگاه نانو دندانه گذار می شود.

### References

- [1] Yu.N. Tolmachev, V.L. Bukhovets, I.G. Varshavskaya, N. Ravi, in Proceedings of ISDF4, Kharkov, Ukraine, 1999, p. 207.
- [2] S. Logothetidis, C. Charitidis, P. Patsalas, Diamond Relat. Mater. 11 (2002) 1095–1099.
- [3] S.N. Dub, in Proceedings of ISDF4, Kharkov, Ukraine, 1999, p. 219.
- [4] I.Sh. Trakhtenberg, S.A. Plotnikov, A.E. Davletshin, I.N. Korneev, A.P. Rubstein, A.B. Vladimirov, O.M. Bakunin, in Proceedings of ADC/FCT-99, p. 623.
- [5] V. Blank, M. Popov, G. Pivovarov, N. Lvova, K. Godolinsky, V. Reshetov, Diamond Relat. Mater. 7 (1998) 427.

برای خرید فرمت ورد این ترجمه، بدون واتر مارک، اینجا کلیک نمایید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی