



tài: Các l p ph a l p Ti tinh khi t và các l p siêu h p m ng TiN/CrN xen k nhau

Tóm t t

Các l p ph a l p Ti tinh khi t và các l p siêu h p m ng TiN/CrN xen k nhau c l ng t v i chi u dày l p c i u khi n và chu kì 2 l p siêu m ng dùng k thu t phún x Magnetron DC ch xung. H ng u tiên c a thành ph n siêu m ng TiN/CrN ho c là (111), (200), ho c h ng ng u nhiên ph thu c vào c u trúc con gi a các l p Ti và siêu m ng. Phép ki m tra m c l i l m c nano ch ng t r ng tính ch t c h c c a các l p ph bi n i theo chu kì 2 l p, nh h ng tinh th h c và t l ng th tích c a các l p siêu m ng trong l p ph . Khi chu kì 2 l p và t l ng th tích c a các l p siêu m ng b ng nhau, các l p ph v i các l p siêu m ng nh h ng theo m t (200) c ng h n các l p ph nh h ng ng u nhiên và các l p siêu m ng nh h ng (111). Phép ki m tra v t x t phát hi n nh ng sai h ng nghiêm tr ng m t phân cách gi a các l p ph / và các l p siêu m ng/ Ti. Do tính ch t d gẫy c a các l p siêu m ng và b n b m t phân cách y u, nh ng l p ph a l p này th hi n nh c i m trong phép ki m tra n mòn, liên quan n s va ch m các h t v n t c cao, gây ra s r n n t lan r ng và s tách r i m t chuy n ti p c c b gi a l p ph / , gi a siêu m ng và các l p Ti tinh khi t.

1. Gi i thi u:

Các l p ph a l p cho th y tính n ng v m t k thu t c t ng c ng h n so v i các l p ph n l p và vì th s r t thu n l i k th p u i m c a các v t li u thành ph n. Các l p ph a l p ch a c các l p ph c ng và d o dai ch ng h n TiN/Ti [1] và W-N/W [2] c ch t o cho các ng d ng ch ng n mòn. Nh chúng ta ã bi t, l p W-C/W a l p ã nâng cao kh n ng ch ng mài mòn c a h p kim Ti ít nh t là 2 b c v l n [3]. Trong ph ng pháp ti p c n “thi t k a t l”, các l p ph a l p bao g m các l p có c u trúc siêu m ng c ng và các l p có tính ch t m m, d o dai c l ng t trên các mi ng Si [4-6]. Trong các h ph a t l , l p d o dai nguyên kh i dày h n t ng l p trong chu i siêu m ng. B ng cách i u khi n t l c a các pha c ng và d o dai, các l p ph , v a c ng cao, l i v a có tính ch t khó gẫy nh c th y trong h Mo/W a l p [6], và do ó có th là ng c viên t t cho nh ng ng d ng ch ng n mòn. Tuy nhiên r t ít nghiên c u c th c hi n khám phá ti m n ng c a các l p ph a l p a t l cho ng d ng này.

Trong nghiên c u này, các l p ph a l p, a t l v i các l p Ti tinh khi t và siêu m ng TiN/CrN xen k nhau (c bi u di n *hình 1*), c l ng t trên Ti-6Al-4V dùng k

thu t phún x Magnetron. Ng i ta kh o sát tính ch t c a nó b ng ph ng pháp nhi u x tia X (XRD), phép ki m tra m c l i lõm c p nano và phép ki m tra v t x t. Phép ki m tra mòn s d ng s va ch m các h t c ng t c cao c ng c th c hi n ánh giá kh n ng ch ng mài mòn và c ch mài mòn h y h i c a các l p ph .

2. Th c nghi m:

Nh ng m u Ti-6Al-4V hình tròn ph ng c mài nh n v m t c h c dùng b t nhão kim c ng 1 μ m, r i sau ó c r a b ng k thu t siêu âm tr c khi l ng t . M t h phún x Magnetron không cân b ng tr ng óng TEER 650 v i b t o plasma l chi u d ng xung c dùng l ng t các l p ph a l p v i các l p Ti tinh khi t và các l p siêu m ng TiN/CrN xen k nhau (hình 1) b ng cách óng/ng t tu n hoàn ngu n khí ho t hóa N₂. Áp su t n kho ng 10⁻⁶ Torr và áp su t làm vi c trong quá trình l ng t là 1-2 mTorr. ðày c a t ng l p Ti và siêu m ng TiN/CrN c i u khi n b i th i gian óng ng t khí N₂. ðày t ng c ng các l p ph g n 5 μ m.

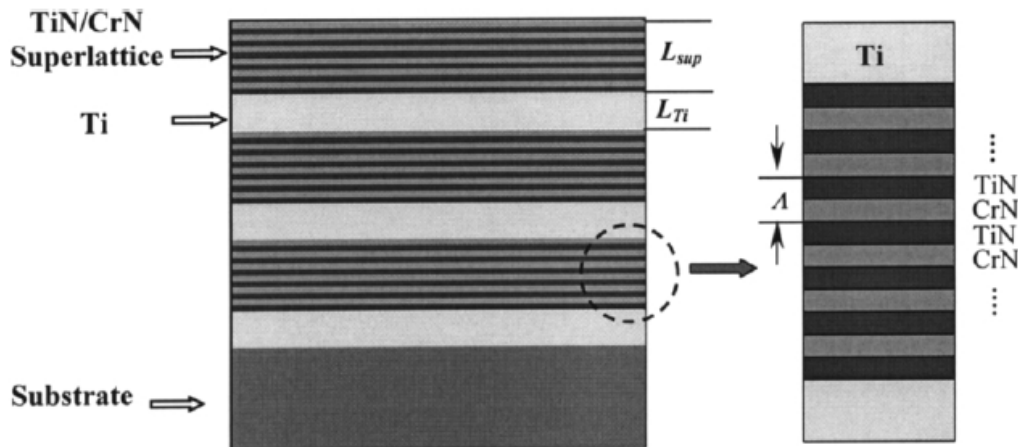


Fig. 1. Schematic diagram of the multilayered coatings with alternate pure Ti and TiN/CrN superlattice layers.

C u trúc tinh th h c c a các l p ph c xác nh b ng ph ng pháp nhi u x tia X (XRD) góc l n. Chu k 2 l p c o b ng cách dùng ph ng pháp nhi u x tia X góc nh . Tính ch t c h c c a l s l p ph a l p c o dùng thi t b ki m tra c ng nano CSM v i t i c c i 50mN. Phép ki m tra mài mòn c th c hi n theo tiêu chu n G67-02 ATSM. Môi tr ng mài mòn là b t Al₂O₃ v i kích th c trung bình 50 μ m. Dòng khí N₂ h t cung c p h t bay v i t c 84m/s, c h ng tr c t i p n mi ng c ph v i góc va ch m 90 .

3. K t qu và th o lu n:

Các bó siêu m ng bao g m 10 l p TiN và CrN, c xem nh 1 thành ph n trong khi các l p Ti tinh khi t c xem nh 1 thành ph n khác trong bài báo này. Các l p ph a l p 6-12 l p thành ph n c l ng t v i chu k 2 l p siêu m ng và t l ng th tích khác nhau và 3 c u trúc con b m t chuy n t i p khác nhau gi a các l p Ti tinh khi t và các l p siêu m ng TiN/CrN . Thí nghi m nhi u x tia X phát hi n th y s nh h ng u tiên c a các l p siêu m ng bi n i theo c u trúc con c a b m t chuy n t i p. Hình 2 bi u di n s c a các c u trúc con và ph XRD t ng ng .

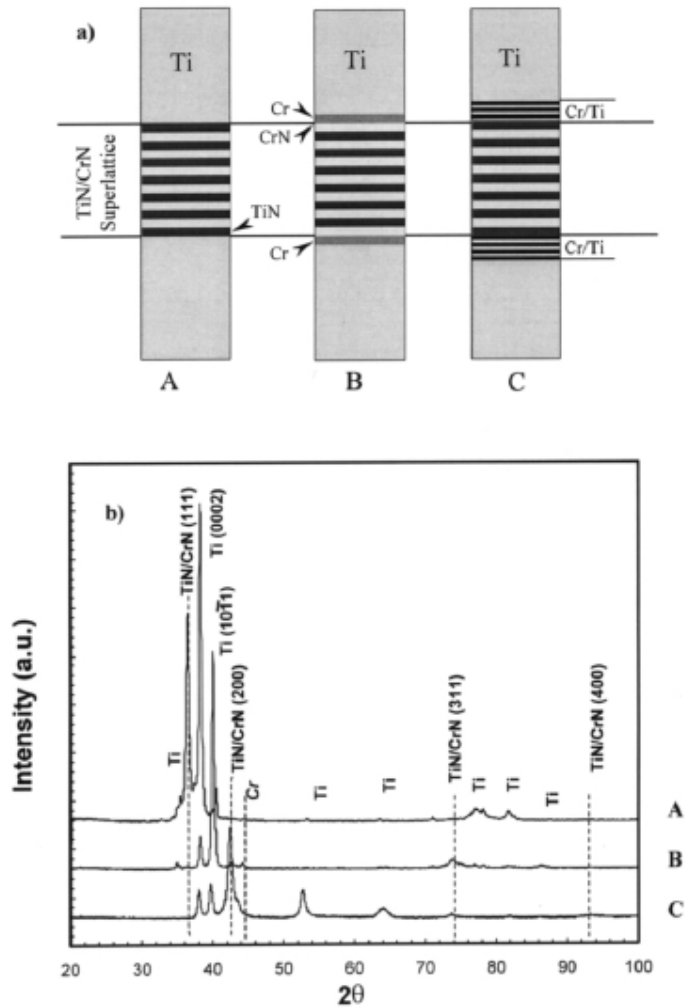


Fig. 2. The schematics showing three different interface structures between pure Ti layer and TiN/CrN superlattice layer (a) and corresponding XRD spectra (b).

Các lớp phân bố ở A, không có cấu trúc con gì của Ti và các lớp siêu mạng, hình thành nên các lớp Ti (0 0 0 2) và các lớp siêu mạng TiN/CrN (1 1 1). (0 0 0 2) và (1 1 1) tương ứng là các mặt phẳng xếp chặt của các siêu mạng Ti có cấu trúc lập phương tâm khối và siêu mạng có cấu trúc B1 (lớp phân bố tâm mặt). Số lượng nhỏ (< 2%) giữa các mặt phẳng xếp chặt này tạo ra sự nhiễu xạ cho sự hình thành các lớp Ti (0 0 0 2) và TiN/CrN (1 1 1). Mối quan hệ tinh thể học này không thay đổi trong lớp Cr có cấu trúc lập phương tâm khối (như hình 100nm) có lẽ tương tự như lớp chuyển tiếp (loại B). Do đó, lớp phân bố ở B không thể hiện sự nhiễu xạ ưu tiên về Ti và các lớp siêu mạng. Hình 3 biểu diễn một phần của cấu trúc và các mặt phẳng ở B cho thấy cấu trúc nhiễu xạ. Tuy nhiên, nếu vài lớp Cr và Ti xen kẽ nhau với chiều dày tương đương $< 15\text{nm}$ có lẽ tương tự như vùng chuyển tiếp (loại C), các lớp siêu mạng thể hiện sự nhiễu xạ ưu tiên (2 0 0). Hơn nữa, kết quả kiểm tra bằng nhiễu xạ phát triển của % thể tích siêu mạng không thể hiện sự nhiễu xạ tinh thể học của các lớp siêu mạng.

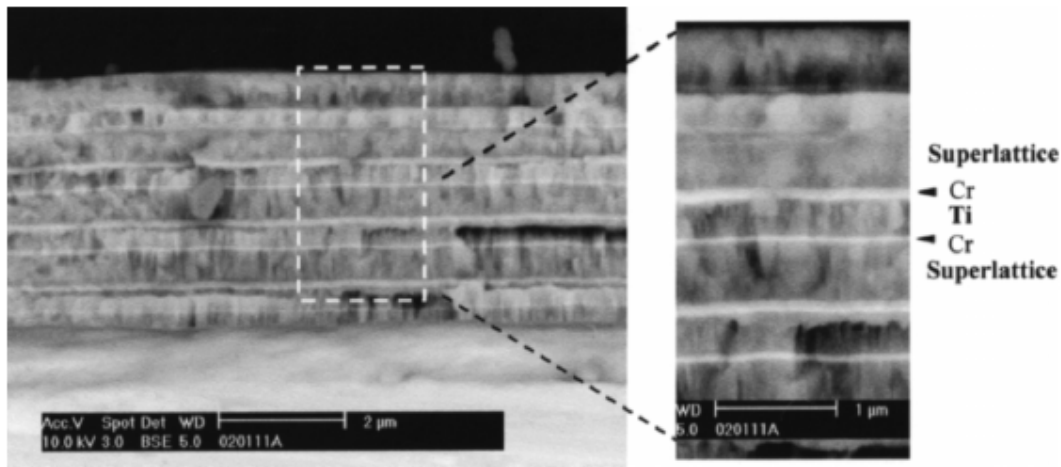


Fig. 3. The cross-sectional fracture surface morphology of a Type B coating.

Tính chất cơ học của các lớp phủ nhôm nitride tổng hợp khác nhau và hình thái bề mặt. Suất Young hiệu dụng E^* và ứng suất uốn H_c của các lớp phủ được xác định bằng công thức của dùng phương pháp Oliver-Pharr [7]. Tính chất cơ học của các lớp phủ siêu mỏng khoảng 10nm, các lớp phủ trong bảng 1. Đối với các lớp phủ siêu mỏng TiN/CrN tinh khiết, các lớp phủ nhôm nitride (200) mang lại ứng suất uốn và E^* hiệu dụng cao hơn so với các lớp phủ nhôm nitride (111). Không ngoài dự đoán, hiệu suất ứng suất uốn cho các lớp phủ nhôm nitride có chu kỳ 21p nm siêu mỏng và tổng thể tích V_{sup} . Trong bảng 1, đối với các lớp phủ nhôm nitride $\lambda \sim 10$ nm và $V_{sup} = 50\%$, ứng suất uốn 15,1 đến 14,0 đến 11,6 GPa; và E^* ứng suất uốn 216 đến 211, đến 176 MPa cho thành phần siêu mỏng với hình thái bề mặt (200), ngẫu nhiên và (111), ứng suất uốn khi V_{sup} giảm.

Table 1
The mechanical properties of coatings

V_{sup} (%)	Orientation	H (GPa)	E^* (GPa)
100	(200)	40.1	398
100	(111)	28.7	347
62	Random	17.8	242
50	(200)	15.1	216
~50	(111)	11.6	176
~50	Random	14.0	211
38	(200)	12.7	173

Các lớp phủ siêu mỏng nhôm nitride khác nhau nhau là (111), ngẫu nhiên và (200), tất cả đều có độ dày 15nm. Lớp phủ nhôm nitride các siêu mỏng nhôm nitride (111) phù hợp với sự phá vỡ bên cạnh rãnh. Tuy nhiên, lớp phủ nhôm nitride các lớp TiN/CrN nhôm nitride (200) phù hợp với sự phá vỡ mảnh liên tục. Định tính phá vỡ thường có biên độ ứng suất cho thấy sự kết dính bề mặt chuyển tiếp (hình 4).

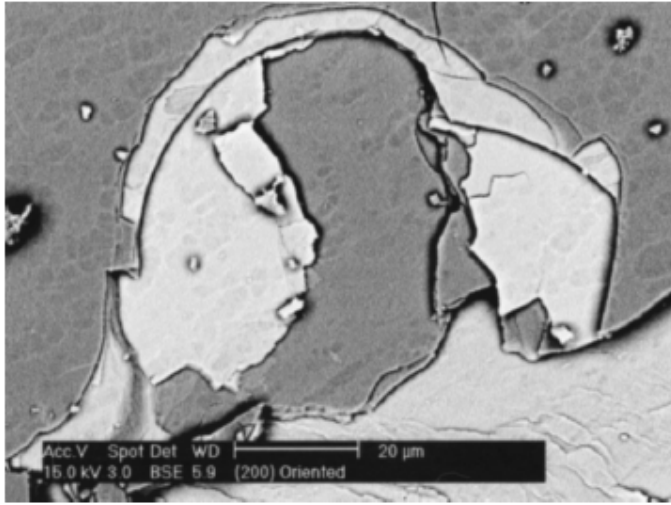


Fig. 4. The morphology of a spallation area showing the interfacial detachments between coating/substrate and Ti/superlattice layers for a multilayered coating.

Sch nh l ch c ng l n gi a l p ph và có th đ n n b n k t đnh th p ã c báo cáo trong tài li u tham kh o [8]. i v i các l p ph nh Ti/siêu m ng a l p, chênh l ch c ng l n gi a các l p siêu m ng c ng và các l p Ti tinh khi t m m có th làm y u b n b m t chuy n ti p, gây b t l i cho kh n ng ch ng mài mòn c a l p ph .

Trong nghiên c u này, l p ph a l p ph i qua phép ki m tra ch ng mài mòn v i góc va ch m 90^0 b i các h t Al_2O_3 n mòn v i v n t c cao. Rãnh mài mòn c a các l p ph a l p không cho th y c u trúc phân l p trong quá trình ki m tra. Thay vào ó, s phá v c c b c quan sát do k t qu c a s va ch m h t (hình 5a). Nh ng c u trúc có hình d ng mi ng núi l a do s va ch m t ng h t (5b) cho th y s bi n d ng d o và s hình thành các v t n t, c bi t t i các biên núi l a. Do s khác nhau l n v c ng H gi a các thành ph n siêu m ng Ti m m và các thành ph n siêu m ng c ng, các l p c ng áp ng v i s va ch m b ng cách hình thành các v t n t vì chúng không th i u ti t c bi n d ng àn h i c t o ra trong l p m m. S va ch m l p l i c a các h t trên cùng m t v trí t o ra s phân m nh l p ph (hình 5c). H n n a s b n phá h t đ n đ n m r ng các ch m phân m nh và cu i cùng đ n n s phá v l p ph c c b (hình 5d). B m t c phô ra cùng v i các di n tích có d ng b c g n biên ch ra r ng s va ch m h t c tích l y là nguyên nhân gây ra s tách r i c c b hóa t i b m t chuy n ti p l p ph / và b m t chuy n ti p Ti/l p siêu m ng. S n mòn h y h i trong ch r n n t và phân l p c báo cáo v i các l p ph TiN/Ti a l p [9]. Biên c a vùng b p v là các i m y u có th đ dàng m r ng do va ch m. Cu i cùng, vùng b phá v s k t n i v i nhau phô ra m t vùng l n.

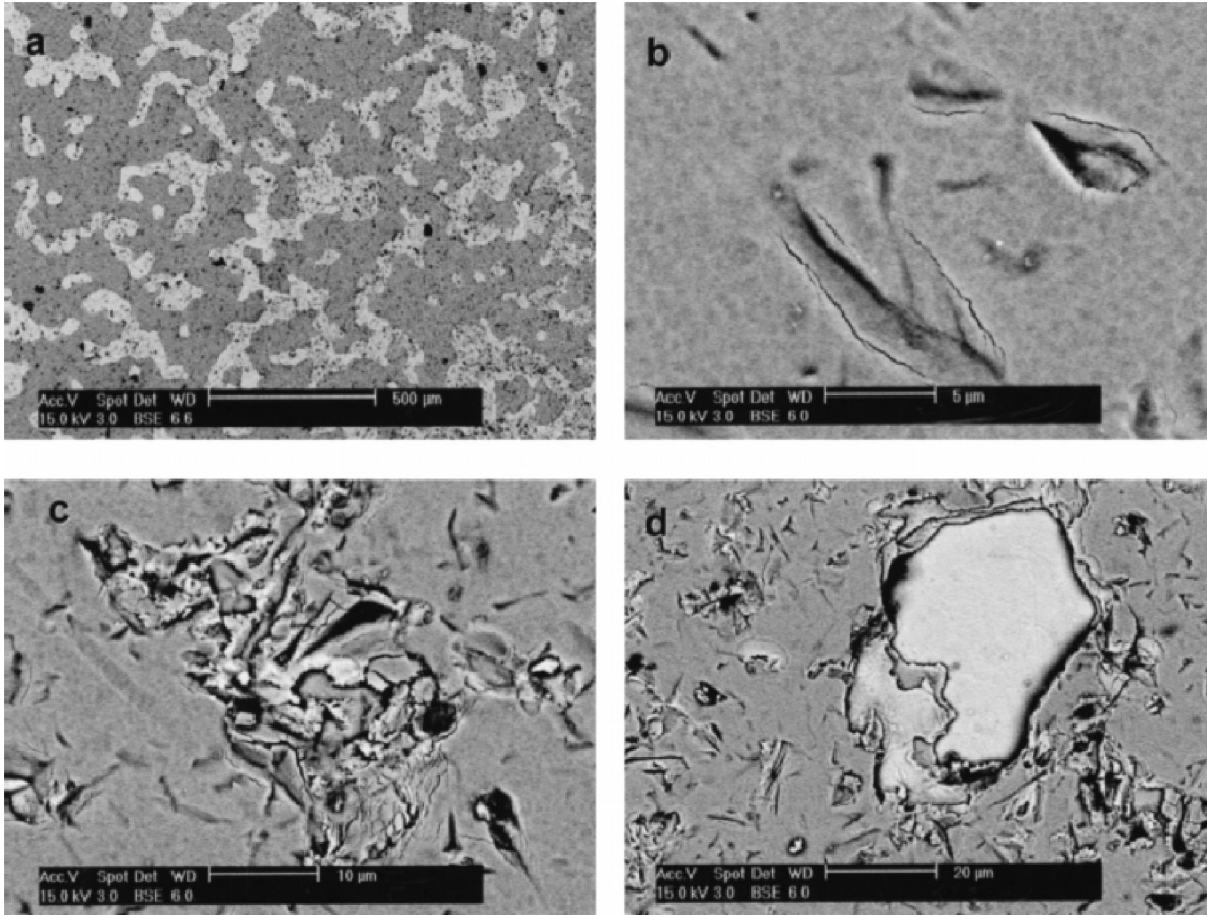


Fig. 5. The typical surface morphologies at different erosion track locations of the coating with (1 1 1)-oriented superlattice ($\Lambda \approx 10$ nm) and superlattice volume fraction of 50%.

Lớp phủ nhôm và các lớp Ti tinh khiết và siêu mạng TiN/CrN xen kẽ nhau cho thấy tính kém bền vững về mặt mài mòn vì bản chất tiếp xúc yếu. Khả năng chống mài mòn của các lớp phủ có liên quan đến sự bám dính giữa lớp phủ / nền, cũng như sự kết dính giữa các lớp phủ và nền, bởi vì sự sai lệch thành phần xuất hiện từ việc phân cách các lớp trong nghiên cứu này và trong hệ thống nhôm/Ti [10]. Vấn đề này có thể khắc phục bằng cách đưa vào các lớp thành phần có độ dài phân cực thay cho các lớp kim loại tinh khiết để tối ưu hóa tính thích ứng mặt tiếp xúc giữa các thành phần nền và độ dài. Nhiều công trình đang chờ đợi để chứng minh về cấu trúc của các lớp phủ nhôm và tính chất chống ăn mòn của chúng.

4. Tóm tắt:

Các lớp phủ nhôm và các lớp Ti tinh khiết và siêu mạng TiN/CrN xen kẽ nhau về hình học ưu tiên, chu kỳ 2 lớp và tần số thích ứng khi cần, đã được thành công bằng kỹ thuật phun xạ magnetron. Hình học ưu tiên của các lớp siêu mạng TiN/CrN khi cần bằng cách sử dụng cấu trúc con giũa Ti và các lớp siêu mạng.

Bản vẽ mặt chuyển tiếp giữa lớp phủ / nền và siêu mạng /Ti bằng hình học tiêu chuẩn để dễ dàng lắp ráp công nghệ lắng đọng các lớp siêu mạng và Ti.

Bản vẽ mặt chuyển tiếp giữa lớp phủ nhôm và nhôm đóng vai trò cần bổ sung để tối ưu hóa tính chất chống ăn mòn nền thiết bị và thêm nhiều công trình chờ đợi để làm rõ vấn đề này.

References

- [1] A. Leyland, A. Matthews, *Surf. Coat. Technol.* 70 (1994) 19.
- [2] Y. Gachon, P. Ienny, A. Rorner, G. Farges, M.C. Sainte-Catherine, A.B. Vannes, *Surf. Coat. Technol.* 113 (1999) 140.
- [3] E. Quesnel, Y. Pauleau, P. Monge-Cadet, M. Burn, *Surf. Coat. Technol.* 62 (1993) 474.
- [4] M. Vill, D.P. Adams, S.M. Yalisove, J.C. Bilello, *Acta Metall. Mater.* 43 (1995) 427.
- [5] D.P. Adams, M. Will, J. Tao, J.C. Bilello, S.M. Yalisove, *J. Appl. Phys.* 74 (1993) 1015.
- [6] M. Vill, D.P. Adams, S.M. Yalisove, J.C. Bilello, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 308 (1993) 759.
- [7] W.C. Oliver, G.M. Pharr, *J. Mater. Res.* 7 (1992) 1564.
- [8] E. Harry, A. Rouzaud, P. Juliet, Y. Pauleau, *Thin Solid Films* 342 (1999) 207.
- [9] A. Leyland, A. Matthews, *Surf. Coat. Technol.* 70 (1994) 19.
- [10] M. Bromark, M. Larsson, P. Hedenqvist, S. Hogmark, *Surf. Coat. Technol.* 90 (1997) 217.