

doi: 10.11933/j.issn.1007-9289.2016.06.009

基体偏压对电弧离子镀AlCrSiON涂层结构和热稳定性的影响*

耿东森, 吴正涛, 聂志伟, 黎海旭, 张小波, 代伟, 王启民

(广东工业大学 机电工程学院, 广州 510006)

摘要: 为研究基体偏压对AlCrSiON纳米复合涂层结构、力学性能和热稳定性的影响规律及机制, 采用电弧离子镀技术在硬质合金基体上沉积AlCrSiON涂层。利用扫描电子显微镜(SEM)、X射线衍射仪(XRD)、透射电子显微镜(TEM)、纳米压痕仪(划痕仪)研究涂层组织结构和力学性能; 通过真空退火试验研究涂层的高温稳定性。结果表明: AlCrSiON涂层为致密柱状晶结构, 并主要由c-(Al, Cr)N和c-(Al, Cr)(O, N)两相组成, 呈现出纳米复合结构。随着偏压的升高, 涂层表面的颗粒数目和尺寸减少, 组织结构更加致密; 硬度和弹性模量均呈现出先增加后减小的趋势, 当偏压为-80 V时分别达到最大值30.1 GPa和367.9 GPa。涂层具有良好的高温稳定性, 不同偏压下沉积的AlCrSiON涂层经800~950 °C热处理后均能够保持良好的结构稳定性及力学性能, 但经1 100 °C热处理后涂层发生相分解并引发组织结构变化, 导致涂层硬度减小。

关键词: 基体偏压; AlCrSiON; 真空退火; 组织结构; 热稳定性

中图分类号: TG174.44

文献标志码: A

文章编号: 1007-9289(2016)06-0060-07

Influence of Substrate Bias on Microstructure and Thermal Stability of AlCrSiON Coatings Deposited by Arc Ion Plating

GENG Dong-sen, WU Zheng-tao, NIE Zhi-wei, LI Hai-xu, ZHANG Xiao-bo, DAI Wei, WANG Qi-min

(School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006)

Abstract: To investigate the effects of varying substrate bias on the microstructure, mechanical properties and thermal stability of the AlCrSiON nanocomposite coatings, the coatings were deposited on cemented carbide using arc ion plating. The microstructure, mechanical properties and thermal stability were analyzed by SEM, XRD, TEM, nano-indentation, scratch test and vacuum annealing tests, respectively. The results indicate that the coatings exhibit a dense columnar structure and are mainly composed of c-(Al, Cr) and c-(Al, Cr)(O, N) phases. With the increase of substrate bias, both the number and average sizes of the particles on the coating surface decrease. The coatings become denser at higher bias voltage. The hardness and elastic modulus of the AlCrSiON coatings reveal the tendency of first increasing and then decreasing with increase of the substrate bias. The highest values of 30.1 GPa and 367.9 GPa are observed for the coatings deposited at -80 V. The coatings exhibit good thermal stability. After vacuum annealing at 800~950 °C, the microstructure and mechanical properties of the AlCrSiON coatings change slightly. However, after vacuum annealing at 1 100 °C, the phase occurs decomposition, resulting in the hardness decrease.

Keywords: substrate bias; AlCrSiON; vacuum annealing; structure; thermal stability

收稿日期: 2016-07-31; 修回日期: 2016-11-18; 基金项目: *国家自然科学基金(51275095, U1201245, 51522502); 广东省自然科学基金(2014A030311002, 2016A050502056)

通讯作者: 王启民(1977—), 男(汉), 教授, 博士; 研究方向: 先进PVD涂层刀具; Tel: (020) 3932 2740; E-mail: qmwang@gdut.edu.cn

网络出版日期: 2016-12-14 15:49; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3905.TG.20161214.1549.014.html>

引文格式: 耿东森, 吴正涛, 聂志伟, 等. 基体偏压对电弧离子镀AlCrSiON涂层结构和热稳定性的影响[J]. 中国表面工程, 2016, 29(6): 60-66. GENG D S, WU Z T, NIE Z W, et al. Influence of substrate bias on microstructure and thermal stability of AlCrSiON coatings deposited by arc ion plating[J]. China Surface Engineering, 2016, 29(6): 60-66.

0 引 言

随着现代高速干式金属切削加工行业的发展, 刀具需要满足高切削速度、高进给速度、高可靠性、长寿命、自动化生产等需求^[1-2]。但传统刀具由于高温力学性能差、易磨损难以适应现代高效、高精密加工的发展要求, 因此需要对刀具进行改进, 涂层刀具便是解决高速高效切削的有效途径^[3-4]。刀具的涂层制备方法主要有化学气相沉积(Cheical vapor deposition, CVD)和物理气相沉积(Physical vapor deposition, PVD)。CVD技术由于存在反应气体腐蚀设备、环境污染等问题, 自九十年代中期以来其发展和应用受到一定制约^[5]。PVD技术可制备出结构致密、结合强度高、成分多样可调的硬质涂层, 且环境友好, 因此近年来在涂层刀具行业得到迅猛发展^[6-8]。

硬质刀具涂层主要有类金刚石、过渡金属氮化物、碳化物及氧化物。传统氮化物涂层(如TiN、CrN、TiAlN等)虽具有良好的力学性能, 但在加工钛合金和镍基合金等难加工材料时磨损严重, 热稳定和化学稳定性差。而氧化物涂层(如Al₂O₃等)虽然在高温服役条件下具有较好的热稳定性, 但是涂层的高脆性和高生产成本限制了其发展^[9]。因此, 发展新型刀具涂层备受关注。研究指出在氮化物涂层中添加氧元素后涂层的力学性能、抗氧化性、摩擦学性能等均能得到提高。Huang等人发现Cr-O-N涂层比CrN具有更好的抗高温氧化性能^[10], Shen等人通过加入一定量的氧可使W₂N及BN薄膜的内应力大幅降低^[11], Lee等人发现CrSiN涂层硬度在含氧量为16%时达到峰值50 GPa, 且加入氧元素可降低CrSiN涂层的摩擦因数^[12]。

相比TiAl基氮化物涂层, AlCr基氮化物涂层具有更高的Al溶解度^[13]。AlCrON涂层因O元素掺杂从单纯共价键结构转变为离子键和共价键共存的结构, 因此该涂层相比于氧化物(如Al₂O₃等)脆性降低, 同时又具有高于AlCrN涂层的高温稳定性、切削性能和阻碍加工工件组元扩散的能力^[14-15]。AlCrSiN涂层因对Si元素溶解度较低而形成纳米复合结构(nc-CrAlN/a-Si₃N₄)。纳米晶具有比较高的硬度, 非晶相具有高的结构弹性, 两相界面有高的内聚能, 因此, 纳米复合涂层具有高硬度(>40 GPa)、高韧性、良好的耐磨性和抗高温氧化性等^[1, 16-18]。

基体偏压在PVD涂层沉积过程中是一个关键

的工艺参数, 它能够改变沉积离子的能量, 影响涂层的形核和生长, 同时对涂层的元素组成、相结构和力学性能也有着重要的影响^[19-20]。但目前尚缺乏基体偏压对AlCrSiON涂层结构、力学和高温热稳定性能影响的研究报导。因此, 为进一步提高氮氧化物涂层的韧性以及硬度, 文中设计制备出AlCrSiON纳米复合涂层, 研究基体偏压对AlCrSiON纳米复合涂层结构、力学性能和热稳定性的影响规律及机制, 以期为新型氮氧化物纳米复合涂层的研究和应用提供试验数据和理论基础。

1 方法与表征

1.1 涂层的制备

采用电弧离子镀刀具涂层沉积装置, 利用AlCrSi合金靶材(Al:Cr:Si=60:30:10, 原子比)在N₂和O₂的混合气氛下制备AlCrSiON涂层。涂层沉积过程中控制O₂分压(O₂/(N₂+O₂))为2%。选用WC-Co硬质合金作为基体, 样品抛光处理后依此使用丙酮、酒精溶液超声清洗各15 min, 吹干放入真空室。待本底真空度达到5×10⁻³ Pa后, 在-1 000 V偏压下对基体进行辉光清洗15 min。

沉积AlCrSiON涂层之前, 先沉积CrN过渡层, 厚度约200 nm。用以提高膜-基结合力。在沉积过程中, 基体正对电弧靶并自转, 转速为3 r/min, 沉积气压为3.0 Pa, 反应气体总流量为300 mL/min, 沉积温度为400 ℃, 沉积时间为60 min。分别设定基体偏压为-60、-80、-100、-150及-200 V, 沉积制备出AlCrSiON纳米复合涂层样品。具体沉积参数见表1。

表 1 AlCrSiON涂层的沉积参数

Table 1 Deposition parameters of the AlCrSiON coating				
Process	Bias voltage/ V	Current / A	t / min	P / Pa
Ar ion bombardment	-1 000	0	15	1.5
Cr ion bombardment	-800	80	3	0.7
CrN coating	-60	80	10	3.0
AlCrSiON coating	-200 to -60	100	120	3.0

1.2 表征与分析

利用Nova NanoSEM 430型场发射扫描电子显微镜观察涂层形貌。利用BRUKER D8 ADVANCE型X射线衍射仪分析涂层的相结构, Cu Kα光源作为X射线发射源, 扫描步长为0.01°, 扫描速度为

0.02°/s, 扫描范围为30°~70°。采用Tecnai G2 F20透射电子显微镜观察涂层的微观结构。

使用大载荷划痕仪(CSM Revetest®)测试涂层的结合力, 压头直径200 μm , 载荷范围1~100 N, 加载速率为200 N/min, 划痕长度固定为3 mm。采用纳米压痕仪(CSM TTX-NHT²)测量涂层的硬度与弹性模量, 压入深度小于膜厚的1/10, 载荷10 mN, 加载速率15 mN/min。在真空管式炉中对-80、-100和-200 V偏压下制备的涂层分别进行800、950和1 100 $^{\circ}\text{C}$ 退火处理, 真空度为 10^{-3} Pa, 升温速率为10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 保温2 h后随炉冷却。退火处理完成后, 对涂层的组织结构和力学性能进行测试。

2 结果分析与讨论

图1为不同偏压下制备AlCrSiON涂层的表面和截面形貌。由图1可见: 涂层表面粗糙, 存在大量颗粒。这些颗粒是弧斑在产生带电粒子形成等离子体时, 大量熔融态的金属液滴从阴极飞溅到基体上形成的^[21]。随着基体偏压的增加, 基体对靶材溅射出的离子吸引力增大, 轰击到基体的离子能量提高, 较大的颗粒有可能被高能离子轰碎, 同时尺寸较小或者结合较差的颗粒可能会从涂层表面被轰击脱附^[22], 因此涂层表面的颗粒数目和尺寸减少。此外, 随着偏压的升高, 到达基体表面的离子能量升高, 在离子轰击作用下涂层表面吸附粒子的扩散能力增强, 导致涂层内部空洞等缺陷结构减少、涂层的结构致密性增加。

图2为不同偏压下制备的AlCrSiON涂层的XRD图谱以及38°~52°范围内的局部放大图谱。涂层呈现出多晶结构, 主要由c-(Al, Cr)N和c-(Al, Cr)(O, N)两种混合相构成^[23]。如图2(b)所示, 当偏压由-60 V增加到-80 V时, 涂层中的c-(Al, Cr)N峰强减弱而c-(Al, Cr)(O, N)峰强增强占据主导。进一步增加偏压, 当沉积粒子能量足够大时, c-(Al, Cr)(O, N)涂层会转化为非晶态的氧化物^[24], 因此c-(Al, Cr)N峰强减弱而c-(Al, Cr)(O, N)峰强增强。涂层中未发现明显的 Si_3N_4 或 SiO_2 的衍射峰, 这说明 Si_3N_4 或 SiO_2 量少并主要以非晶的形态存在。

图3为-150 V偏压下制备的AlCrSiON涂层的HRTEM形貌。从图中可以看出涂层中存在大量的纳米晶。这些纳米晶被非晶相包覆, 形成典型的纳米复合结构。EDS结果表明涂层中Al, Cr, Si, O, N元素的原子数分数约为22%, 17%, 3.5%,

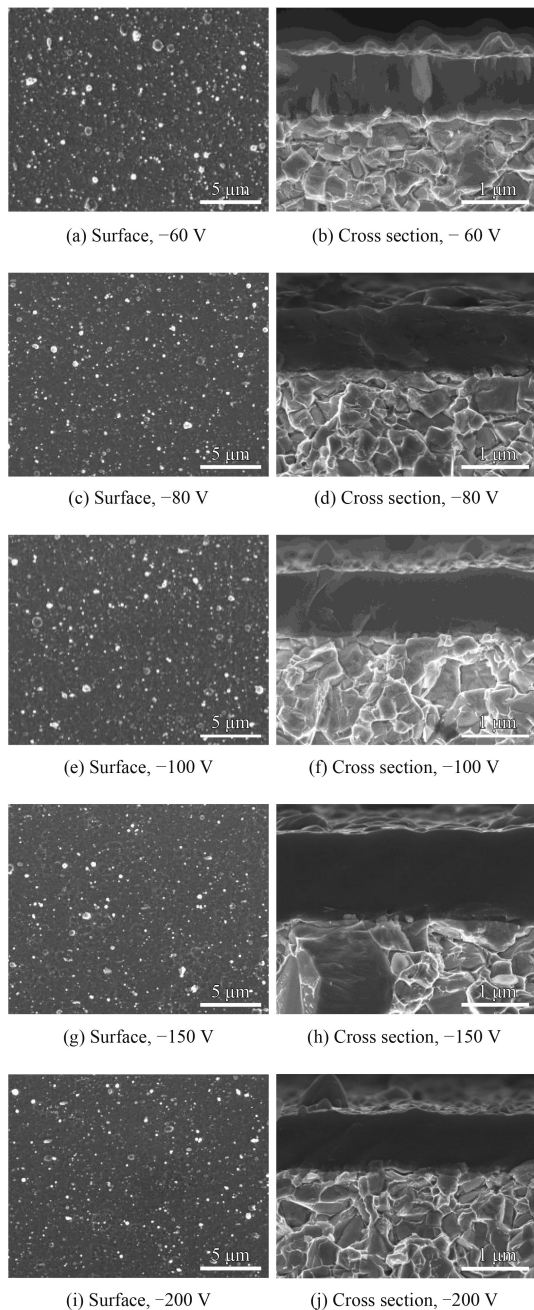


图1 不同偏压下制备的AlCrSiON涂层的表面和截面形貌
Fig.1 Surface and cross section morphologies of the AlCrSiON coatings deposited at different bias voltage

24%和33.5%, 而涂层XRD图谱中未发现 Si_3N_4 或 SiO_2 的衍射峰, 因此, 非晶物质可能由 Si_3N_4 和 SiO_2 构成。Lee J D^[12]在研究电弧和磁控共沉积的CrSiON涂层时, 也发现了类似的纳米复合结构, 并指出非晶相是由 Si_3N_4 和 SiO_2 构成。

图4为AlCrSiON涂层硬度及弹性模量随基体偏压变化的关系曲线。当偏压由-60 V增加到-80 V时, 涂层硬度由18.9 GPa增加至30.1 GPa。提高基

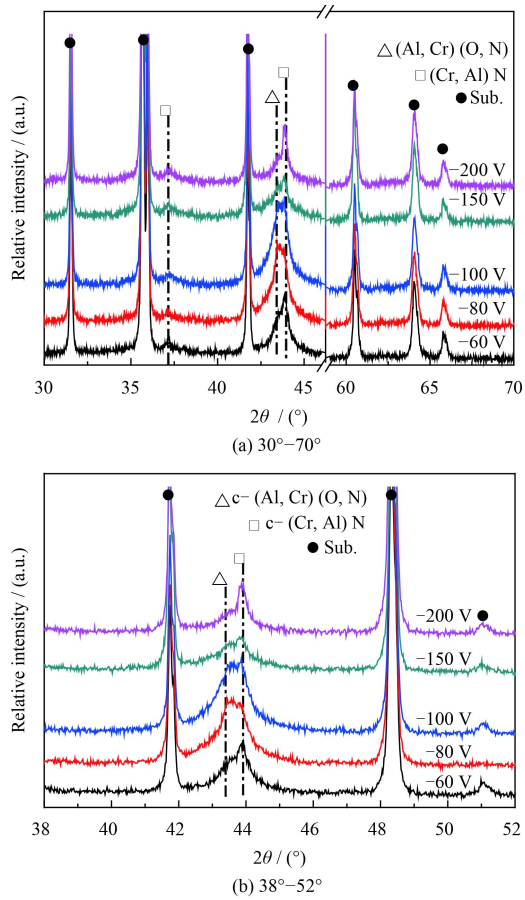


图 2 不同偏压制备的AlCrSiON涂层的XRD图谱
Fig.2 XRD patterns of the CrAlSiON coatings deposited at different bias voltages

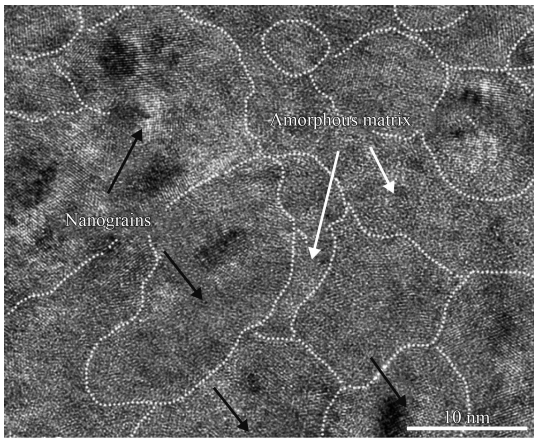


图 3 -150 V偏压下制备的AlCrSiON涂层的HRTEM形貌
Fig.3 HRTEM image of the AlCrSiON coating deposited at bias voltage of -150 V

体偏压增加了轰击粒子的能量, 导致单位时间内轰击涂层表面的粒子数量增多并使涂层孔隙减少、致密度提高, 最终产生硬度增强现象。同时涂层中c-(Al, Cr)(O, N)含量的增加也有利于提高涂

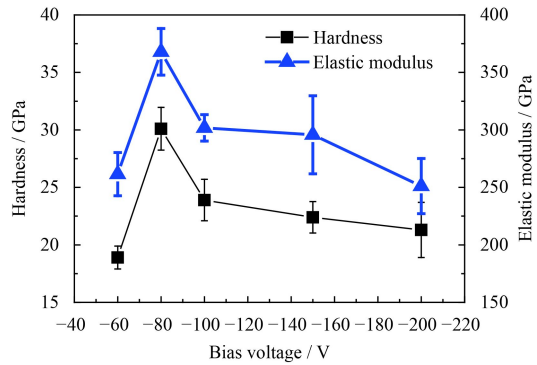


图 4 不同偏压下制备的AlCrSiON涂层的硬度与弹性模量
Fig.4 Hardness and elastic modulus of the AlCrSiON coatings deposited at different bias voltages

层的硬度^[25]。继续增加偏压至-200 V, 高能粒子轰击作用将导致部分c-(Al, Cr)(O, N)转化为非晶态氧化物, 因此涂层硬度逐渐下降。涂层弹性模量的变化趋势与硬度相同, 在-80 V时涂层的弹性模量达最大值367.9 GPa, 而增加偏压至-200 V将导致弹性模量下降至261.5 GPa。

图5为AlCrSiON膜基结合力随偏压的变化曲线。偏压由-60 V增加至-150 V时, 膜基结合力基本保持不变; 而当偏压为-200 V时, 结合力增加至74.36 N。增大基体偏压时, 沉积粒子对基体表面吸附粒子产生较强的轰击作用, 有利于增加涂层致密度, 导致涂层抑制裂纹扩展的能力增强, 因此有利于增强涂层与基体之间的结合^[26-27]。

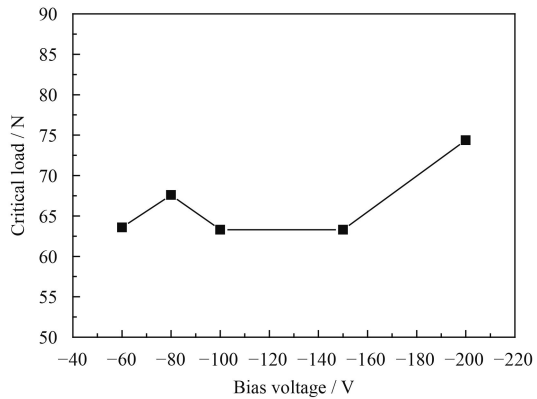


图 5 不同偏压下制备的AlCrSiON涂层的临界载荷
Fig.5 Critical load of the AlCrSiON coatings deposited at different bias voltages

图6为在-80、-100和-200 V偏压下制备的AlCrSiON涂层经真空退火处理后的XRD图谱。经800 ℃退火处理后, 各涂层样品的相结构均未发生明显变化。经950 ℃退火处理后, -80 V下制备

的涂层仍未发现明显的相组成变化,而 -100 V 和 -200 V 下制备的涂层中 $c\text{-(Al, Cr)N}$ 含量减少而 $c\text{-(Al, Cr)(O, N)}$ 含量增加。经 $1\ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 退火后 AlCrSiON 涂层的相结构发生了明显变化,沉积偏压为 -80 V 和 -100 V 的涂层中出现了 Cr_2N ,而在 -200 V 的涂层中出现了 Al_2O_3 (在 $\sim 39^{\circ}$)。因此,在 $800\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ 真空退火处理中 AlCrSiON 涂层能够保

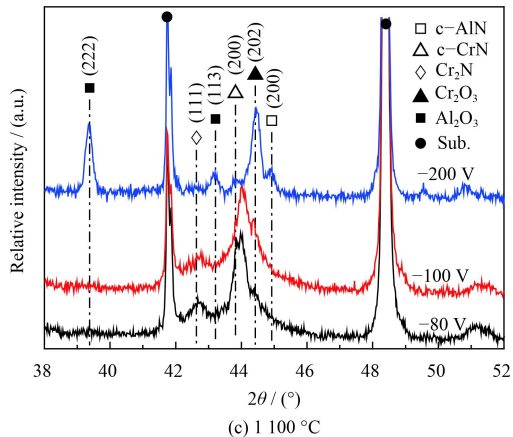
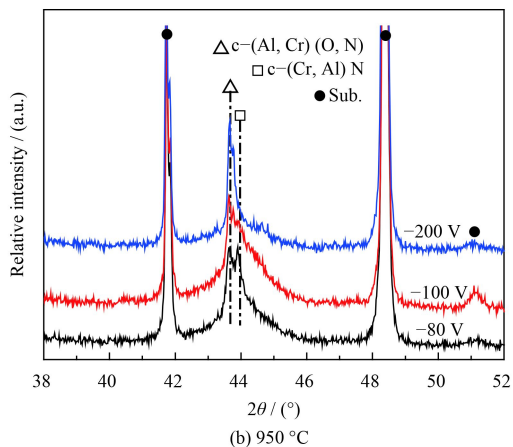
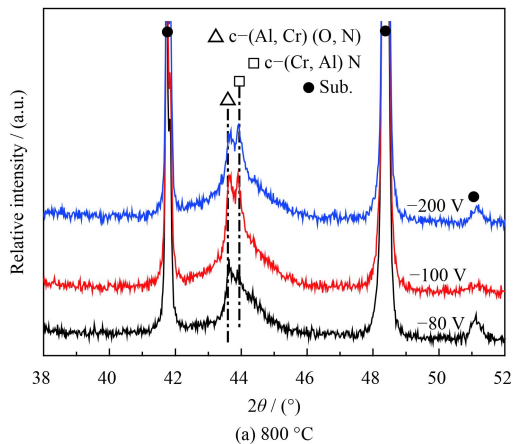


图6 不同偏压制备的 AlCrSiON 涂层在不同温度下真空退火 2 h 的XRD图谱

Fig.6 XRD patterns of the AlCrSiON coatings after vacuum annealing for 2 h at different temperature

持良好热稳定性,而在 $1\ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 真空退火处理中涂层稳定性较差,发生了相分解。低偏压涂层中分解生成了 Cr_2N 而 -200 V 涂层则分解生成了 CrN 、 AlN 、 Al_2O_3 及 Cr_2O_3 等。

图7为 -80 、 -100 和 -200 V 偏压下制备的 AlCrSiON 涂层的硬度随退火温度的变化曲线。涂层经 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 退火后结构并未出现明显变化,因此涂层硬度基本不变。当基体偏压为 -80 V 时,涂层经 $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ 退火后仍能保持原有结构,因而涂层硬度不变。而沉积偏压为 -100 V 和 -200 V 时的 AlCrSiON 经 $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ 退火后涂层中 $c\text{-(Al, Cr)N}$ 相含量减少而 $c\text{-(Al, Cr)(O, N)}$ 相含量增加,因此涂层硬度升高。在不同偏压参数($-200\sim -80\text{ V}$)条件下沉积的 AlCrSiON 涂层经 $1\ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 退火后均已发生相分解,因而导致涂层硬度减小。此外,在 $1\ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下,硬质合金基体中的C、Co和W等组元均能向外发生扩散至涂层内部,也将导致涂层硬度及弹性模量降低^[1]。

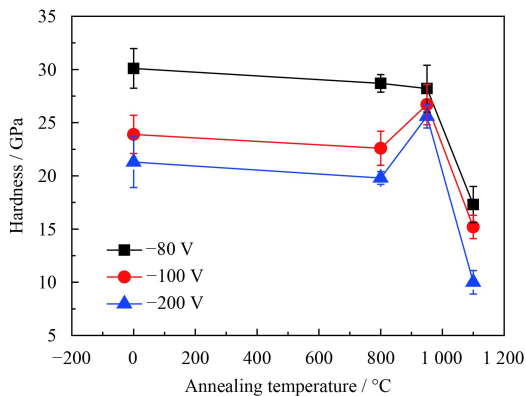


图7 不同偏压下制备的 AlCrSiON 涂层退火后的硬度

Fig.7 Hardness of the AlCrSiON coatings deposited at different bias voltages after annealing

3 结论

采用电弧离子镀膜技术沉积制备出 AlCrSiON 纳米复合涂层,研究了改变基体偏压对涂层微观结构、硬度及高温热稳定性的影响,主要研究结论如下:

(1) AlCrSiON 涂层的相结构由 $c\text{-(Al, Cr)N}$ 和 $c\text{-(Al, Cr)(O, N)}$ 组成,并呈现出非晶包裹纳米晶的纳米复合结构。

(2) 增加基体偏压,涂层表面的颗粒数目及尺寸减少,结构逐渐致密,结合力增强。当偏压为 -200 V 时结合力达到最大值 74.36 N ,涂层硬度和

弹性模量随偏压增加出现先增后减的变化,偏压为-80 V时达到最大值,分别为30.1 GPa和367.9 GPa。

(3) 在不同偏压下沉积的AlCrSiON涂层经800~950℃热处理后均能够保持良好的热稳定性及力学性能,但经1100℃热处理后涂层发生相分解并引发组织结构变化,导致涂层硬度减小。

参考文献

- [1] WU W W, CHEN W L, YAND S B, et al. Design of Al-CrSiN multilayers and nanocomposite coating for HSS cutting tools[J]. *Applied Surface Science*, 2015, 351: 803-810.
- [2] LU L, WANG Q M, CHEN B Z, et al. Microstructure and cutting performance of CrTiAlN coating for high-speed dry milling[J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2014, 24(6): 1800-1806.
- [3] BOUZAKIS K D, MICHAILIDIS N, GERARDIS S, et al. Correlation of the impact resistance of variously doped CrAlN PVD coatings with their cutting performance in milling aerospace alloys[J]. *Surface & Coatings Technology*, 2008, 203(5/6/7): 781-785.
- [4] JEHN H A. Improvement of the corrosion resistance of PVD hard coating-substrate systems[J]. *Surface & Coatings Technology*, 2000, 125 (1/2/3): 212-217.
- [5] 王启民, 黄健, 王成勇, 等. 高速切削刀具物理气相沉积涂层研究进展[J]. *航空制造技术*, 2013(14): 78-83.
WANG Q M, HUANG J, WANG C Y, et al. Development of PVD coating for high-speed machining cutting tool[J]. *Aeronautical Manufacturing Technology*, 2012(14): 78-83 (in Chinese).
- [6] 余东海, 王成勇, 张凤林. 刀具涂层材料研究进展[J]. *工具技术*, 2007, 41(6): 25-32
YU D H, WANG C Y, ZHANG F L. Development of cutting tool coating material[J]. *Tool Technology*, 2007, 41(6): 25-32 (in Chinese).
- [7] 李洪林, 李波, 胡恒宁, 等. 刀具涂层技术的最新发展状况[J]. *工具技术*, 2010, 44(4): 3-6.
LI H L, LI B, HU H N, et al. Recent development of tool coating technology[J]. *Tool Technology*, 2010, 44(4): 3-6 (in Chinese).
- [8] HELMERSSON U, LATTEMANN M, BOHLMARK J, et al. Ionized physical vapor deposition (IPVD): a review of technology and applications[J]. *Thin Solid Films*, 2006, 513(1/2): 1-24.
- [9] ARTHELMÄ F, FRANK H, MAHR P, et al. Oxygen-improved hard coatings for high performance cutting processes[J]. *Procedia Cirp*, 2012, 1(1): 208-213.
- [10] HUANG D H, HSU C H, LIN Y C, et al. Thermal stability behaviors of Cr(N,O)/CrN double-layered coatings by TGA/DTA analysis[J]. *Surface & Coatings Technology*, 2007, 201(15): 6681-6685.
- [11] SHEN Y G, MAI Y W. Effect of oxygen on residual stress and structural properties of tungsten nitride films grown by reactive magnetron sputtering[J]. *Materials Science and Engineering B*, 2000, 76(2): 107-115.
- [12] LEE J D, WANG Q M, KIM S H, et al. Microstructure and mechanical properties of quaternary Cr-Si-O-N films by a hybrid coating system[J]. *Surface & Coatings Technology*, 2012, 206(18): 3721-3727.
- [13] NAJAFI H, KARIIMI A, DESSARZIN P, et al. Correlation between anionic substitution and structural properties in Al-Cr(O_xN_{1-x}) coatings deposited by lateral rotating cathode arc PVD[J]. *Thin Solid Films*, 2011, 520(5): 1597-1602.
- [14] KHATIBI A, SJÖLEN J, GRECZYNSKI G, et al. Structural and mechanical properties of CrAlON thin films grown by cathodic arc deposition[J]. *Acta Materialia*, 2013, 60(19): 6494-6507.
- [15] STUEBER M, DIECHLE D, LEISTE H, et al. Synthesis of Al-Cr-O-N thin films in corundum and f.c.c. structure by reactive r.f. magnetron sputtering[J]. *Thin Solid Films*, 2011, 519(12): 4025-4031.
- [16] SOLDÁN J, NEIDHARDT J, SARTORY B, et al. Structure property relations of arc-evaporated Al-Cr-Si-N coatings[J]. *Surface & Coatings Technology*, 2008, 202(15): 3555-3562.
- [17] VEPREK S, ZHANG R F, VEPREK M G J, et al. Superhard nanocomposites: origin of hardness enhancement, properties and applications[J]. *Surface & Coatings Technology*, 2010, 204(12): 1898-1906.
- [18] POLCAR T, CAVALEIRO A. High-temperature tribological properties of CrAlN, CrAlSiN and AlCrSiN coatings[J]. *Surface & Coatings Technology*, 2011, 206(6): 1244-1251.
- [19] WANG Q M, KIM K H. Effect of negative bias voltage on CrN films deposited by arc ion plating I: macroparticles filtration and film-growth characteristics[J]. *Journal of Vacuum Science & Technology A Vacuum Surfaces & Films*, 2008, 26(5): 1258-1266.
- [20] WANG Q M, KIM K H. Effect of negative bias voltage on CrN films deposited by arc ion plating II: Film composition, structure, and properties[J]. *Journal of Vacuum Science & Technology A Vacuum Surfaces & Films*, 2008, 26(5): 1267-1276.
- [21] 张栋, 孙丽丽, 汪爱英. 偏压对反应磁控溅射TiN薄膜结构以及性能的影响[J]. *真空*, 2011, 48(5): 55-57.
ZHANG D, SUN L, WANG Y. Influence of substrate bias on the structure and performance of TiN films deposited by reactive magnetron sputtering[J]. *Vacuum*, 2011, 48(5): 55-57 (in Chinese).
- [22] 常伟, 牟仁德, 商晓宇, 等. 基体负偏压对CrAlN涂层组织和性能的影响[J]. *机械工程材料*, 2012(7): 32-37.

- CHANG W, MU R D, SHANG X Y, et al. Effects on substrate negative bias voltage on the microstructure and properties of CrAlN coatings[J]. Materials for Mechanical Engineering, 2012(7): 32-37 (in Chinese).
- [23] BAGCIVAN N, BOBZIN K, BRÖGELMANN T, et al. Development of (Cr,Al)ON coatings using middle frequency magnetron sputtering and investigations on tribological behavior against polymers[J]. Surface & Coatings Technology, 2014, 260: 347-361.
- [24] POHLER M, FRANZ R, RAMM J, et al. Influence of pulsed bias duty cycle variations on structural and mechanical properties of arc evaporated (Al,Cr)₂O₃ coatings[J]. Surface & Coatings Technology, 2015, 282: 43-51.
- [25] BARTHELMÄ F, FRANK H, MAHR P, et al. Oxygen-improved hard coatings for high performance cutting processes[J]. Procedia Cirp, 2012, 1(9): 208-213.
- [26] WAN X S, ZHAO S S, YANG Y, et al. Effects of nitrogen pressure and pulse bias voltage on the properties of Cr-N coatings deposited by arc ion plating[J]. Surface & Coatings Technology, 2010, 204(11): 1800-1810.
- [27] 佟莉娜, 黄美东, 孟凡宇, 等. 偏压对电弧镀TiN薄膜结构和机械性能的影响[J]. 天津师范大学学报: 自然科学版, 2012, 32(2): 41-45.
- TONG L N, HUANG M D, MENG F Y, et al. Effects of negative bias on structure and mechanical properties of TiN coatings by arc ion plating[J]. Journal of Tianjin Normal University (Natural Science Edition), 2012, 32(2): 41-45 (in Chinese).

(责任编辑: 黄艳斐)

• 本刊讯 •

《中国表面工程》第五届编委会换届会议在成都圆满召开

经中国机械工程学会2016年10月批复, 同意由徐滨士等89人组成《中国表面工程》第五届编委会, 同时聘请左铁镛等为第五届编委会荣誉委员。第五届编委总数由原来的115位专家调整至89位, 新增20名年轻编委, 其中两院院士11位, 国际编委16位。

值此换届之际, 《中国表面工程》期刊于2016年10月22日下午4点在热情的成都召开第五届编委会换届会议。国内编委北京工业大学左铁钊教授、中科院兰州化学物理研究所陈建敏教授、大连理工大学雷明凯教授以及国际编委英国伯明翰大学董汉山教授、美国西南研究院魏荣华教授等近40名编委代表以及主编刘世参、常务副主编张伟、副主编谭俊和编辑部全体成员出席了此次会议。

首先, 编委会副主任朱胜教授主持并宣读了中国机械工程学会关于《中国表面工程》期刊第五届编委会组成的批复, 并由编委会主任徐滨士院士亲自向每位参会编委颁发聘书。会上刘世参主编还向到会老编委代表赠送了《中国机械史》。

会上, 由常务副主编张伟向各位编委汇报了编辑部近年来的主要工作进展、期刊进入EI后面临的主要困难和不足以及下一步的重点工作。针对期刊存在的实际问题, 到会编委积极发言, 就期刊组稿、审稿以及加强热点报道等方面, 展开了深入讨论, 在肯定期刊近年来工作的同时, 就办刊工作给出了宝贵的意见和建议。

随后, 刘世参主编系统回顾了期刊发展历史, 指出《中国表面工程》期刊应代表中国表面工程的最高水平, 这将成为期刊今后努力的方向。

编委会主任徐滨士院士做总结发言, 指出要办好期刊, 靠的是时间和努力。最后, 徐院士引用《Nature》杂志中“创建一个没有浪费的世界”, 为表面工程事业指引方向。

(本刊编辑部 供稿)