

B1

N. Petkov, T. Bakalova, A. Obrosof, E. Kashkarov, M. Kormunda, P. Kejzlar, Hr. Bahchedzhiev, K. Dadourek, S. Weiß, "Structural, Mechanical, and Tribological Properties of CrCN coatings obtained by Cathodic Arc Physical Vapour Deposition Technology at different CH₄/N₂ gas ratio", Thin Solid Films 766 (2023) 139669, IF = 2.358

Abstract. Chromium carbonitride coatings were deposited by cathodic arc physical vapor deposition technology at a temperature of 300 °C, as were used the reactive gasses CH₄ and N₂. The structural analysis of the CrN coating showed a polycrystalline structure with mixed CrN and Cr₂N phases. All studied coatings, including the CrC exhibits fcc structure. The phases were confirmed by X-ray photoelectron spectroscopy measurements where a surface oxidation was also detected. The increase of the CH₄ gas flow during the deposition process leads to a parabolic trend with the highest hardness of 33.5 GPa for the coating deposited at CH₄ / N₂ = 0.53. At the same time the lowest coefficient of friction for both counterparts Al₂O₃ and ZrO₂ (0.28 and 0.26, respectively) were measured at CH₄ / N₂ = 1.86. The tribological tests reveal that the wear of the coatings increases with an increasing CH₄ flow rate, whereas the coefficient of friction decreases. This observed contradiction is explained by a phenomenon described as the effect of Rebinder.

Резюме. Хром карбонитридни покрития бяха отложени чрез катодно дъгово отлагане от парова фаза при температура от 300 °C, като бяха използвани реактивните газове CH₄ и N₂. Структурният анализ на CrN покрития показва поликристална структура с наличие на CrN и Cr₂N фази. Всички изследвани покрития, включително CrC показват fcc структура. Фазите бяха потвърдени чрез рентгенова фотоелектронна спектроскопия, където също беше открито повърхностно окисление. Увеличаването на газовия поток на CH₄, по време на процеса на отлагане, води до параболична тенденция на изменението на твърдостта, с най-висока твърдост от 33,5 GPa за покритието, отложено при CH₄ / N₂ = 0,53. В същото време най-ниският коефициент на триене за двете контратела Al₂O₃ и ZrO₂ (съответно 0,28 и 0,26) е измерен при CH₄ / N₂ = 1,86. Трибологичните тестове показват, че износването на покритията се увеличава с увеличаване на потока на CH₄, от друга страна коефициентът на триене намалява. Това наблюдавано противоречие се обяснява с феномен, описан като ефекта на Rebinder.

B2

N. Petkov, T. Bakalova, Hr. Bahchedzhiev, P. Kejzlar, P. Ryšánek, M. Kormunda, P. Čapková, "Influence of the Addition of the Elements Ti and Cr on the Structure, and Mechanical and Tribological Properties of AlSiN Coatings", Journal of Nano Research, Vol. 73, pp. 175 - 196 (2022), IF (2021)= 1.780

Abstract. The study presents an influence of Al/Ti and Al/Cr ratios on the structural, mechanical and tribological properties of AlTiSiN and AlCrSiN coatings, deposited by the cathodic arc physical vapour deposition method at a temperature of 400°C. The remains of the original AlSiN hexagonal phase were observed in the obtained coatings as well as the crystallites of cubic TiN and CrN, respectively. X-ray photoelectron spectroscopy analysis assumes the presence of a substoichiometric SiN. The addition of 11 at.% Ti or 13 at.% Cr in AlSiN led to an increase in both the coating's resistance to plastic deformation and the plasticity index. The addition of 13 at.% and 24 at.% Cr to the AlSiN coating structure resulted in a decrease in the average coefficient of friction with 18% and 36% against a counterpart of Al₂O₃, respectively, and with 36% for both concentrations against the steel ball counterpart. The addition of Ti has no influence on the values of the coefficient of friction when using ceramic counterpart, while the steel counterpart decreased it up to 30%. Both elements change the abrasion effect of the coating.

Резюме. Изследването представя влиянието на съотношенията Al/Ti и Al/Cr върху структурните, механичните и трибологичните свойства на покрития AlTiSiN и AlCrSiN, нанесени чрез катоднодъгово нанасяне от парова фаза при температура 400°C. При изследваните покрития се наблюдава останала от оригиналния AlSiN хексагонална фаза, както и кристали на кубичен TiN и CrN. Анализът чрез рентгенова фотоелектронна спектроскопия предполага наличието на субстехиометричен SiN. Добавянето на 11 ат.% Ti или 13 ат.% Cr в AlSiN доведе до повишаване на устойчивостта на покритието на пластична деформация и на индекса му на пластичност. Добавянето на 13 ат.% и 24 ат.% Cr към структурата на AlSiN покритие доведе до намаляване на средния коефициент на триене съответно с 18% и 36% спрямо Al₂O₃ контратяло и с 36% за двете концентрации спрямо контратяло стоманена топка. Добавянето на Ti не оказва влияние върху стойностите на коефициента на триене при използване на керамичено контратяло, докато при стоманеното контратяло го намалява с до 30%. И двата елемента променят абразивния ефект на покритието.

B3

N. Petkov, E. Kashkarov, A. Obrosov, T. Bakalova, P. Kejzlar, Hr. Bahchedzhiev, "*Influence of bias voltage and CH₄/N₂ gas ratio on the structure and mechanical properties of TiCN coatings deposited by Cathodic Arc Deposition method*", Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 28 (1), pp. 343 - 354 (2019), IF (2019) = 1.652

Abstract. This article presents a study of the influence of the bias voltage and CH₄/N₂ gas ratio on the structure and mechanical properties of TiCN coatings. The coatings are deposited by cathodic arc deposition technology from Ti cathodes under an atmosphere of a mixture of CH₄ and N₂ gasses. XRD analysis shows that an increase in the methane flow changes the preferential orientation of the coating from (111) to (200) and results in a refinement of the structure (grain size reduction from 23 to 7 nm). SEM analysis shows that the coatings are stoichiometric. It was demonstrated that the bias voltage has an influence on the grain size, hardness and elasticity module. The highest hardness value of 52.5 GPa was measured at the coatings lacking a clear preferential orientation. The adhesion of the coatings showed a critical load in the range of 29-64 N.

Резюме. Тази статия представя изследване на влиянието на поляризиращото напрежение и газовото съотношение CH₄/N₂, върху структурата и механичните свойства на TiCN покритията. Покритията са отложени чрез електродъгово изпарение на Ti катоди в среда от газова смес на CH₄ и N₂. XRD анализът показва, че увеличаването на потока на метан променя преференциалната ориентация на покритието от (111) на (200) и води до усъвършенстване на структурата (намаляване на размера на зърната от 23 на 7 nm). SEM анализът показва, че покритията са стехиометрични. Установено бе, че поляризиращото напрежение има влияние върху размера на зърната, твърдостта и модула на еластичност. Най-високата стойност на твърдост 52,5 GPa бе измерена при покритията без ясна преференциална ориентация. Адхезията на покритията показва критично натоварване в диапазона от 29-64 N.

B4

N. Petkov, T. Bakalova, Hr. Bahchedzhiev, P. Louda, P. Kejzlar, P. Capkova, M. Kormunda, P. Rysanek, "*Cathodic Arc Deposition of TiCN coatings - Influence of the C₂H₂/N₂ Ratio on the Structure and Coating Properties*", Journal of Nano Research, ISSN: 1661-9897, Vol. 51, pp. 78 – 91 (2018), IF (2018) = 0.589

Abstract: TiCN thin coatings with various different carbon contents were deposited using cathode arc evaporation of pure titanium in a mixture of N₂ and C₂H₂ gasses at a constant pressure of 1.5 Pa. The analyses show a transition from a stoichiometric to a non-stoichiometric coating structure with an increasing C₂H₂ content. Moreover, the increase in the acetylene in the gas mixture leads to a decrease

in the crystal phase from pure polycrystalline to pure amorphous. Nanohardness changes from 30.4 to 4.4 GPa and the cohesive failure of the coatings is in the range of 61 - 72 N. The tribology is estimated by the Ball-on-Disc method and an Si₃N₄ ball as the counterpart. The measured coefficient of friction is in the range of 0.2 - 0.56.

Резюме. Тънки покрития от TiCN с различно съдържание на въглерод бяха нанесени чрез катодно дъгово изпарение на чист титан, в смес от газове N₂ и C₂H₂, при постоянно налягане от 1, 5 Pa. Анализът показват преход от стехиометрична към нестехиометрична структура на покритието при увеличаване съдържанието на C₂H₂. Освен това, увеличаването на ацетилена в газовата смес води до намаляване на кристалната фаза от чиста поликристална до чиста аморфна. Нанотвърдостта варира от 30,4 до 4,4 GPa, а кохезионното разрушаване на покритията е в диапазона 61 - 72 N. Трибологията се оценява по метода Ball-on-Disc с контратяло топче от Si₃N₄. Измереният коефициент на триене е в границите 0,2 - 0,56.

B5

N. Petkov, T. Bakalova, Hr. Bahchedzhiev, P. Kejzlar, P. Louda, "Influence of Coating Deposition Parameters on the Mechanical and Tribological Properties of TiCN Coatings", Journal of Nano Research, Vol. 49, pp. 98 – 107 (2017), IF (2017) = 0.665

Abstract. This paper is a continuation of our previous work. The article presents an investigation of the influence of coating deposition parameters, in particular a variation with 50% of both cathodic arc current and bias voltage, on the mechanical and tribological properties of TiCN coatings deposited by the cathodic arc evaporation of metals at a constant gas ratio.

The thicknesses of the coatings are measured by the Calotest method using a 30-mm hard steel ball. The determined values are in the range of 734 – 1534 nm. Surface morphology and chemical composition are estimated by a Scanning Electron Microscope (SEM) and an Energy Dispersive Spectrometer (EDS) of SEM. The determined values of nanohardness are in the range of 10 - 23 GPa and adhesion values are in the range of 28 - 70 N. Tribology of the TiCN coatings is investigated with three different load forces (3N, 5N and 8N) by the CETR UMI Multi-Specimen Test System from Bruker with an Si₃N₄ ball counter-body. The friction coefficient is measured in the range of 0.19 - 0.23. Coating wear and wear of the counter-body are calculated, according to the standard EN1071-13:2010, wherein the values of the latter are in the range of $(2.5 - 30) \times 10^{-6} \text{ mm}^3$.

Резюме. Тази статия е продължение на наша предишна работа. Статията представя изследване на влиянието на параметрите на отлагане на покритието, в частност промяна с 50% на тока на катода и на поляризиращото напрежението, върху механичните и трибологичните свойства на TiCN покрития, отложени чрез електродъгово изпарение на метали, при постоянно газово съотношение.

Дебелините на покритията са измерени чрез Калотестер, като е използвана стоманена сачма с диаметър 30 mm. Измерените стойности са в диапазона 734 – 1534 nm. Морфологията на повърхността и химичният състав са оценени чрез сканиращ електронен микроскоп (SEM) и енергийно дисперсионен спектрометър (EDS) на SEM. Измерените стойности на нанотвърдост са в диапазона 10 - 23 GPa, а стойностите на адхезията са в диапазона 28 - 70 N. Трибологията на TiCN покрития се изследва с три различни сили на натоварване (3N, 5N и 8N) чрез CETR UMI Multi-Specimen тестова система на Bruker с Si₃N₄ топче за контратяло. Коефициентът на триене е измерен в диапазона 0,19 - 0,23. Износването на покритието и износването на контратялото се изчисляват, съгласно стандарта EN1071-13:2010, като стойностите на последното са в диапазона $(2,5 - 30) \times 10^{-6} \text{ mm}^3$.

B6

N. Petkov, Hr. Bahchedjiev, T. Cholakova, "Predicting cathode material evaporation by electric arc in PVD processes", EPJ Applied Physics (2015) 70: 30801, IF (2015) = 0.667

Abstract. The paper presents a calculation model to quantitatively predict the mass loss of a cathode material as a function of discharge current in the electric arc plasma deposition process. The purpose of the model is to calculate the quantity of the evaporated material depending on the applied arc current. The model is illustrated by an example of metal evaporation from massive conical and cylindrical cathodes in a vacuum environment. The model includes a correction factor, representing differences in technical terms of the metal evaporation process in a vacuum environment by electric arc. The correction factor is experimentally determined once for each of the different shapes of cathodes. This model is suitable for physical vapor deposition (PVD) processes with DC arc evaporation of material from massive metal cathodes.

Резюме. Статията представя модел за изчисление на количеството предсказана загуба на маса на материала на катода като функция на тока на дъгата, при процеса на електродъгово плазмено отлагане. Целта на модела е да изчисли количеството на изпарения материал в зависимост от приложението ток на дъгата. Моделът е илюстриран с пример за изпаряване на метал от масивни конични и цилиндрични катоди във вакуумна среда. Моделът включва корекционен коефициент, отчитащ разликите в техническите условия на процеса на изпаряване на метал във вакуумна среда чрез електрическа дъга. Коригиращият фактор се определя експериментално веднъж за всяка от различните форми на катодите. Този модел е подходящ за процеси на физическо отлагане на пари (PVD) с изпарение с постоянно токова електрическа дъга на материал от метални масивни катоди.

B7

N. Petkov, "Predicting the erosion of the cathode material in PVD systems", *National Conference in Physics, 10 – 12 Oct. Plovdiv 2014*, Bulgarian Chemical Communication, Vol. 47, Special Issue B, pp. 177 - 181 (2015), IF (2015) = 0.229

Abstract. Predicting the erosion of the cathode material in cathodic arc evaporation of metal in a vacuum environment is an interesting task with a variety of applications. In this paper, a method for calculating of the evaporated cathode material as a function of the arc current by which it was evaporated is presented. The method is suitable for the processes of the cathodic arc evaporation of metals in a vacuum environment from massive cathodes by DC arc. In the model has introduced a correction factor that represents the differences in technical terms of the metal evaporation process in vacuum environment by electric arc. The correction factor is determined experimentally once-through for each different type of the cathode shape. The method is illustrated by an example of arc evaporation of massive titanium cylindrical shape cathode

Резюме. Прогнозирането на ерозията на катодния материал при катодно-дъгово изпаряване на метал във вакуумна среда е интересна задача с разнообразни приложения. В тази статия е представен метод за изчисляване на изпарения катодния материал като функция на тока на дъгата, чрез който е бил изпарен. Методът е подходящ за процеси на катодно-дъгово изпаряване на метали във вакуумна среда от масивни катоди чрез DC дъга. В модела е въведен корекционен коефициент, отчитащ разликите в техническите условия на процеса на изпаряване на метал във вакуумна среда чрез електрическа дъга. Кореkционният коефициент се определя експериментално еднократно за всеки различен тип форма на катода. Методът е илюстриран с пример за дъгово изпаряване на масивен титанов катод с цилиндрична форма.

Г7-1

N. Petkov, T. Bakalova, Hr. Bahchedzhiev, M. Krafka, L. Lemberk, "Modulation period effect on the CrN/TiN coating properties", Journal of Nano Research, (2023) - **Accepted**
IF (2021) = 1.780

Abstract. The article presents the investigation of the effect of the modulation period of the nanomultilayer CrN/TiN coatings, deposited by arc-PVD technology, on the coatings' mechanical and tribological properties. The studied modulation period was in the range from 6 to 16.5 nm. The measured coatings hardness was in the range of 26 - 29 GPa, and the plasticity index was 0.07. The tribological properties were measured against Al₂O₃ and ZrO₂ counterparts. The lowest value of wear rate was measured at the CrN/TiN nanomultilayer coating with modulation period of 8.4 nm.

Резюме. Статията представя изследването на ефекта на периода на модулация на наномногослойните CrN/TiN покрития, нанесени чрез технологията на катодно-дъгово отлагане от парова фаза, върху механичните и трибологичните свойства на покритията. Изследваният период на модулация е в диапазона от 6 до 16,5 nm. Измерената твърдост на покритията е в диапазона 26 - 29 GPa, а индексът на пластичност е 0,07. Трибологичните свойства бяха измерени спрямо Al₂O₃ и ZrO₂ контратяло. Най-ниската стойност на степента на износване е измерена при CrN/TiN наномултислойно покритие с период на модулация от 8,4 nm.

Г7-2

M. Krafka, L. Lembrek, N. Petkov, L. Svobodova, T. Bakalova, "Comparison of Mechanical and Tribological Properties of TiN and ZrN Coatings Deposited by Arc-PVD", Manufacturing Technology, Vol. 23, Issue 2, pp. 194 - 203 (2023), SJR (2022) = 0.27

Abstract. The continuous development of thin coatings for different applications and using various coating methods require the characterization of these newly formed surfaces to evaluate their utility properties. Binary thin coatings of titanium (TiN) and zirconium (ZrN) nitrides were prepared using the Arc-PVD (Cathodic Arc Deposition) method. Differences were observed in the structure and morphology of the thin coatings and the change in tribological properties at room and elevated temperatures (150 °C and 300 °C).

The research is focused on evaluating the frictional properties of the coating using the Ball-on-Disc method in the dry friction mode. The emphasis is placed on the resistance of the thin coating to wear. The nanohardness was measured to be 26.2 GPa for TiN and 24.8 GPa for ZrN. Index of resistivity against plastic deformation H^3/E^2 (plastic deformation resistance) for ZrN coating – 0.087 and TiN coating – 0.095, H/E (plasticity index) for ZrN – 0.059 and TiN – 0.060. Better friction properties and wear resistance (at 150 °C) were found for the TiN coating compared to the ZrN coating.

Резюме. Непрекъснатото разработване на тънки покрития за различни приложения и използването на различни методи за нанасяне на покритие изисква характеризиране на тези новообразувани повърхности, за да се оценят техните полезни свойства. Бинарни тънки покрития от титанов (TiN) и циркониеви (ZrN) нитриди бяха получени чрез метода Arc-PVD (катодно дъгово отлагане). Наблюдават се разлики в структурата и морфологията на тънките покрития и промяната в трибологичните свойства при стайна и повишена температура (150 °C и 300 °C).

Изследването е насочено към оценка на фрикционните свойства на покритието по метода Ball-on-Disc в режим на сухо триене. Акцентът е поставен върху устойчивостта на тънкото покритие на износване. Измерената нанотвърдост е 26,2 GPa за TiN и 24,8 GPa за ZrN. Индекс на съпротивление срещу пластична деформация H^3/E^2 (устойчивост на пластична деформация) за ZrN покритие е 0,087, а за TiN покритие – 0,095, H/E (индекс на пластичност) за ZrN – 0,059 и TiN – 0,060. Установени са по-добри свойства на триене и устойчивост на износване (при 150 °C) за TiN покритието в сравнение с ZrN покритието.

Г7-3

T. Bakalova, L. Svobodova, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, M. Svec, P. Kejzlar, P. Sutta, K. Dadourek, "The effect of the process gas mixture ratio on the structure and composition of TiC and TiCN thin layers prepared by cathodic arc deposition on tool steel ", Journal of Manufacturing Processes, Vol. 93, pp. 90 - 100 (2023), IF (2021) = 5.684

Abstract. The presented research introduces the possibilities of setting the parameters of the deposition of thin coatings so that the desired surface properties are achieved. For the examined TiCN and TiC thin coatings, applied by the cathodic arc method (Arc-PVD), the dependence was revealed between the hardness of the coatings, the residual stress, and the wear resistance, which significantly affect the service life of the coated parts. The statistical analysis of the results shows the optimal ratio between nano-hardness and internal stress, at which the least wear of the layer occurs (the ratio of hardness and magnitude of compressive stress must be approximately equal to 10). The research is focused on predicting the utility properties of thin TiCN coatings to reduce the wear of modified surfaces.

Резюме. Изследването представя възможностите за подбор на параметрите на отлагането на тънки покрития, така че да се постигнат желаните свойства на повърхността. За изследваните тънки TiCN и TiC покрития, нанесени чрез електродъгово изпарение (Arc-PVD), се установява зависимостта между твърдостта на покритията, остатъчното напрежение и устойчивостта на износване, които значително влияят върху експлоатационния живот на покритите части. Статистическият анализ на резултатите показва оптималното съотношение между нанотвърдост и вътрешно напрежение, при което се получава най-малко износване на слоя (съотношението на твърдостта към големината на напрежението на натиск трябва да бъде приблизително равно на 10). Изследването е фокусирано върху прогнозирането на полезните свойства на TiCN тънки покрития за намаляване на износването на модифицирани повърхности.

Г7-4

P. Kejzlar, T. Bakalova, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, "The Influence of CH_4/N_2 gas ratio on the structure and chemical composition of Cr(C, N) coatings deposited by CAD technology", Manufacturing Technology, Vol. 18, No. 6, pp. 917 – 922 (2018), SJR (2018) = 0.306

Abstract. This article presents the study of the influence of the bias voltage and CH_4/N_2 gas ratio on the structure and chemical composition of Cr(C,N) coatings. The coatings were deposited by cathodic arc evaporation of pure Cr (99.99 %) cathode under an atmosphere of a mixture of CH_4 and N_2 gasses at the low deposition temperature of 300 °C. The ratio of reactive gasses was changed from 0 to 100 %. Energy-dispersive spectroscopy showed a linear dependence of resulting C/N ratio on the process gas ratio. The roughness of layers prepared from a mixture of process gasses is higher compared to pure gasses.

Резюме. Тази статия представя изследването на влиянието на поляризиращото напрежение и газовото съотношение CH_4/N_2 върху структурата и химичния състав на Cr(C,N) покрития. Покритията се нанасят чрез електродъгово изпаряване на чист Cr (99,99%) катод в среда от газова смес на CH_4 и N_2 , при ниска температура на нанасяне от 300°C. Съотношението на реактивните газове се променя от 0 до 100 %. Енергодисперсионната спектроскопия показва линейна зависимост на полученото съотношение C/N от съотношението на технологичния газ. Грапаавостта на слоевете, нанесени при смес от технологичните газове, е по-висока в сравнение с чистите газове.

Г7-5

T. Bakalova, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, P. Kejzlar, L. Volensky, "Monitoring Changes in the Tribological Behaviour of CrCN Thin Layers with Different CH₄/N₂ Gas Ratios at Room and Elevated Temperatures", Manufacturing Technology, Vol. 18, No. 4, pp. 533 – 537 (2018), SJR (2018) = 0.306

Abstract. This research is engaged in monitoring changes in the tribological behaviour of CrCN thin films at room and elevated (300°C) temperatures. The monitored thin films are deposited by cathodic arc deposition of a pure Cr (99.99 %) cathode under an atmosphere of a mixture of CH₄ and N₂ gasses. Tribological measurements were performed at a load of 10N, a rotational speed of 60 rpm, and a counterpart of ceramic material (Al₂O₃). The article also describes the evaluation of wear on the studied thin films due to tribological measurement and temperature.

Резюме. Това изследване представя промените в трибологичното поведение на CrCN тънки слоеве, при стайна и повишена (300°C) температура. Изследваните тънки слоеве са нанесени чрез електродъгово изпарение на чист Cr (99,99%) катод в среда на газова смес на CH₄ и N₂. Трибологичните измервания бяха извършени при натоварване от 10N, скорост на въртене от 60 rpm и контратяло от керамичен материал (Al₂O₃). Статията също така описва оценката на износването на изследваните тънки слоеве дължащо се на трибологичното измерване и температура.

Г7-6

P. Kejzlar, T. Bakalova, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, "The Effect of Gas Flow Ratio on Tribological Properties of TiCN Layers on Aluminium Substrate", NANOCON 2017, 9th International Conference on Nanomaterials - Research & Application, Oct. 18-20 2017, Brno, Czech Republic, CONFERENCE PROCEEDING, Vol. 2017-October, 2018, pp. 854 - 859 (2018), SJR (2018) = 0.118

Abstract. TiCN layers are widely used for their high hardness and abrasion resistance. Their structure, chemical composition and mechanical properties are affected by deposition parameters. In the present work, there were studied four TiCN layer deposited on Al substrate under varying C₂H₂/N₂ process gas flow ratio.

Резюме. TiCN слоеве широко се използват поради тяхната висока твърдост и абразивна устойчивост. Тяхната структура, химичен състав и механични свойства се влияят от параметрите на отлагането. В настоящата работа бяха изследвани четири TiCN слоя, нанесени върху Al подложки при променливо съотношение C₂H₂/N₂ на газовия поток.

Г7-7

A. Coufalova, T. Bakalova, L. Svobodova, T. Lederer, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, "Influence of the surface properties of TiCN thin layers on colonization by bacterial cells", NANOCON 2017, 9th International Conference on Nanomaterials - Research & Application, Oct. 18-20 2017, Brno, Czech Republic, CONFERENCE PROCEEDING, Vol. 2017-October, 2018, pp. 633 - 638 (2018), SJR (2018) = 0.118

Abstract. Body implants are a necessary part of contemporary medicine. Biocompatibility and life-span are some of the most frequently controlled parameters of materials. One of the possible ways of ensuring these requirements is to modify the surface of the implant with a thin layer. TiCN thin films with differing compositions were deposited on AISI 316 surgical steel by the cathodic arc evaporation of pure Ti with various different gas ratios of N₂ and C₂H₂. During the deposition process, the pressure in

the vacuum chamber was 1.5 Pa and the deposition temperature was 400 °C. The thickness of the layer and the adhesion of the layer to the substrate were studied from the point of view of the possible use of the samples in medical applications. The deposition parameters affect the physicochemical properties (the chemical composition, roughness and surface energy), which have a subsequent impact on the attachment of cells. *Escherichia coli* was used as the model bacterial strain. Importance was given to the observation of the willingness of the microorganisms to colonize the individual samples. This work presents the physicochemical properties of the individual TiCN thin layers and also evaluates the relationship between the surface properties and colonization of the surface by bacterial cells.

Резюме. Телесните импланти са необходима част от съвременната медицина. Биосъвместимостта и продължителността на живота са едни от най-често контролираните параметри на материалите. Един от възможните начини за осигуряване на тези изисквания е да се модифицира повърхността на импланта с тънък слой. TiCN тънки слоеве с различен състав бяха нанесени върху хирургическа стомана AISI 316 чрез електродъгово изпаряване на чист Ti при различни газови съотношения на N_2 и C_2H_2 . По време на процеса на нанасяне налягането във вакуумната камера беше 1,5 Pa, а температурата - 400 °C. Дебелината на слоя и адхезията на слоя към подложката бяха изследвани от гледна точка на възможното използване на пробите при медицински приложения. Параметрите на отлагане влияят върху физикохимичните свойства (химичен състав, грапавост и повърхностна енергия), които имат последващо въздействие върху прикрепването на клетките. *Escherichia coli* се използва като модел на бактериален щам. Беше обърнато внимание на наблюдението на желанието на микроорганизмите да колонизират отделните проби. Тази работа представя физикохимичните свойства на отделните TiCN тънки слоеве и също така оценява връзката между повърхностните свойства и колонизацията на повърхността от бактериални клетки.

Г7-8

N. Petkov, T. Bakalova, T. Cholakova, Hr. Bahchedzhiev, P. Louda, P. Ryšánek, M. Kormunda, P. Čapková, P. Kejzlar, "Study of Surface Morphology, Structure, Mechanical and Tribological Properties of an AlSiN coating obtained by the Cathodic arc deposition method", *Superlattices and Microstructures*, Vol. 109, pp. 402 - 413 (2017), IF (2017) = 2.099

Abstract. AlSiN coatings were prepared by the cathodic arc deposition method at a temperature of 400 °C and pressure of 2.6 Pa. The chemical composition, determined by SEM/EDS analysis, shows that the AlSiN coating presented here has a stoichiometry structure ($Al_{40}Si_9N_{51}$). XPS and XRD analyses indicated AlN in both cubic and hexagonal modifications in the coating, and that the coating has a not fully completed nanocomposite structure. Nanoindentation measurements indicate nanohardness and elastic modulus of 39 GPa and 389 GPa, respectively. The coating has a very good adhesion strength with an average critical load of 28.3N (first cohesive failure) and 62.3N (first adhesion failure). The estimated wear rate and coefficient of friction of the coating are $27.2 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ and 0.7, respectively (using the friction pair AlSiN/ Al_2O_3).

Резюме. AlSiN покрития са получени по метода на електродъгово отлагане, при температура от 400°C и налягане от 2,6 Pa. Химичният състав, определен чрез SEM/EDS анализ, показва, че представено тук AlSiN покритие има стехиометрична структура ($Al_{40}Si_9N_{51}$). XPS и XRD анализите показват наличието на AlN както в кубични, така и в хексагонални модификации в покритието и че покритието има ненапълно завършена нанокомпозитна структура. Наноиндентиращите измерванията показват нанотвърдост и модул на еластичност съответно от 39 GPa и 389 GPa. Покритието има много добра адхезионна якост със средно критично натоварване от 28,3N (първо кохезионно разрушение) и 62,3N (първо адхезионно разрушение). Изчислената скорост на износване и коефициент на триене на покритието са съответно $27,2 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ и 0,7 (при използване на триещата се двойка AlSiN/ Al_2O_3).

Г7-9

T. Bakalova, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, P. Kejzlar, P. Louda, M. Durak, *"Improving the Tribological and Mechanical Properties of an Aluminium Alloy by Deposition of AlSiN and AlCrSiN Coatings"*, Manufacturing Technology, Vol. 17, No. 6, pp. 824 – 830 (2017), SJR (2017) = 0.369

Abstract. This paper presents an improvement to the mechanical and tribological properties of aluminium alloys. AlSiN and AlCrSiN coatings (with different Cr content) were deposited on substrates of Al-Cu-Mg alloy by the cathodic arc evaporation method at 400°C. Surface morphology and chemical composition were estimated by a scanning electron microscope equipped with an energy dispersive spectrometer and mechanical profilometer. The increasing chromium content in the coating led to an increase in the coating hardness. The tribological behaviour of the coated and uncoated Al-Cu-Mg alloy samples was examined using the "Ball-on-Disk" method (ASTM G99-95) at a load of 10N using Al₂O₃ ball as a counterpart.

Резюме. Тази статия представя подобряване на механичните и трибологични свойства на алуминиеви сплави. AlSiN и AlCrSiN покрития (с различно съдържание на Cr) бяха отложени върху подложки от Al-Cu-Mg сплав чрез метода на електродъгово изпарение при 400 °C. Морфологията на повърхността и химичния състав са оценени чрез сканиращ електронен микроскоп оборудван с енергийно дисперсионен спектрометър и механичен профиломер. Увеличаването на съдържанието на хром в покритията води до увеличаване на тяхната твърдост. Трибологичното поведение на покрити и непокрити подложки от Al-Cu-Mg сплав бе оценено по метода "Ball-on-Disc" (ASTM G99-95), като за контротяло е използвано Al₂O₃ топче и 10 N натоварване.

Г7-10

T. Bakalova, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, P. Kejzlar, P. Louda, M. Durak, *"Improving the Tribological and Mechanical Properties of an Aluminium Substrate by Deposition of TiCN Coatings"*, Manufacturing Technology, Vol. 17, No. 5, pp. 652 – 658 (2017), SJR (2017) = 0.369

Abstract. The article presents an investigation of the influence of coating deposition parameters, in particular a variation with 50% of both cathodic arc current and bias voltage, on the mechanical and tribological properties of TiCN coatings on an aluminium substrate deposited by the cathodic arc evaporation of metals at a constant gas flow ratio between C₂H₂ and N₂ of 17.65 % / 82.35 %. The determined nanohardness values for the samples examined are in the range of 10 to 23 GPa. Surface morphology and chemical composition were estimated by a scanning electron microscope (SEM) and an energy dispersive spectrometer (EDS) of SEM. The tribological behaviour of the TiCN layers was examined using the "Ball-on-Disk" method (ASTM G99-95) and using a ball made of Al₂O₃ as a counterpart and a load of 10N. The friction coefficient was measured in the range of 0.182 to 0.116.

Резюме. Тази статия представя изследване на влиянието на параметрите на отлагане на покрития, в частност промени с 50 % на тока на дъгата и на поляризиращото напрежение, върху механичните и трибологични свойства на TiCN покрития нанесени върху алуминиеви подложки чрез електродъгово изпарение на метали при постоянно съотношение на газовия поток C₂H₂/ N₂ - 17,85 % / 82,35 %. Определената стойност на нанотвърдостта за изследваните образци е в интервала от 10 до 23 GPa. Морфологията на повърхността и химичния състав са оценени чрез сканиращ електронен микроскоп (SEM) и енергийно дисперсионен спектрометър (EDS) на SEM. Трибологичното поведение на TiCN слоеве бе оценено чрез метода "Ball-on-Disc" (ASTM G99-95), като за контротяло е използвано Al₂O₃ топче и натоварване от 10 N. Коефициента на триене беше измерен в интервала от 0,182 до 0,116.

Г7-11

T. Bakalova, **N. Petkov**, Hr. Bahchedzhiev, P. Kejzlar, P. Zdobinská, "*Tribological Properties of TiN/AlTiN and AlTiN/TiN nanomultilayer coatings*", Manufacturing Technology, Vol. 16, No. 6, pp. 1234 – 1240 (2016), SJR (2016) = 0.399

Abstract. The paper presents the research results of the various coatings deposited using the cathodic arc evaporation Physical Vapour Deposition (PVD) method at 300°C, suitable for application on temperature-sensitive steels and alloys. Three main groups of coatings are deposited, denoted as E1, E2 and E3. The deposited bi-layer numbers for E2, E3 and E4 are 103, 207 and 107, respectively. Each group consists of two subgroups, S1 and S2, TiN/AlTiN and AlTiN/TiN nanomultilayer (NML) coatings, respectively. The coating deposition time for E1 and E2 is 60 min, and the carousel rotation speed is 35s and 17.5s, respectively. The coating thicknesses for these two coatings groups are 2.4 µm and 2.3 µm, and the calculated bi-layers thicknesses are 23.3 nm and 11.6 nm, respectively. TiN/AlTiN and AlTiN/TiN as NML or superlattice coatings are deposited onto high-speed steel substrates using pure titanium and aluminium-titanium (70/30 at. %) cathodes. Tribological testing is conducted using an Al₂O₃ ball and a ball made from steel ISO 683/13, and the applied load and path length at the used speed of 60 RPM are 10N and 25m, respectively. Measurements are performed at room temperature and a humidity of 44 ± 2%.

Резюме. Статията представя резултатите от изследване на различни покрития отложени чрез катоднодъгово нанасяне от парова фаза при 300°C, подходящ за приложение върху температурно-чувствителни стомани и сплави. Отложени са три основни групи покрития, обозначени като E1, E2 и E3. Отложеният брой на би-слоеве за E1, E2 и E3 са съответно 103, 207 и 107. Всяка група съдържа две подгрупи, S1 и S2, съответно TiN/AlTiN и AlTiN/TiN наномногослойни покрития. Времето за отлагане на E1 и E2 е 60 мин. и скорост на завъртане на карусела съответно за 35 сек. и 17,5 сек. Дебелината на покритията за тези две групи е 2,4 µm и 2,3 µm, а изчислената дебелина на би-слоеве е съответно 23,3 nm и 11,6 nm. TiN/AlTiN и AlTiN/TiN като наномногослойни покрития или със свръхрешетки са отложени върху подложки от високоскоростна стомана, използвайки чист титанов и алуминий-титанов (70/30 ат. %) катооди. Трибологичният тест е извършен използвайки топче от Al₂O₃ и сачма от стомана ISO 683/13, приложеното натоварване и изминатият път при скорост от 60 min⁻¹ са 10 N и 25 м. Измерванията са направени при стайна температура и влажност 44 ± 2 %.

Г7-12

T. Bakalova, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, P. Kejzlar, P. Louda, "*Comparison of mechanical and tribological properties of TiCN and CrCN coatings deposited by CAD*", Manufacturing Technology, Vol. 16, No. 5, pp. 854 – 858 (2016), SJR (2016) = 0.399

Abstract. The aim of this paper is to compare the mechanical and tribological properties of TiCN and CrCN coatings. These coatings are widely used in industrial applications to improve both friction and wear. They are deposited at the same deposition parameters using an industrial Physical Vapour Deposition (PVD) system. Estimation of the tribology properties is made in a "ball-on-disc" mode, and the wear and wear rates of the coatings and counter-bodies are compared. The test study is conducted using a ball made from Al₂O₃ with a diameter of 6.350 mm and a load of 10 N, at room temperature and a humidity of 44 ± 2 %. The mechanical properties are estimated by nanoindentation, a scanning electron microscope and a mechanical profilometer, and the hardness, elastic module, chemical composition, and surface coating morphology are estimated. The scratch test is performed on the coatings using a CETR UMI Multi-Specimen Test System scratch tester device with a progressive load from 2 to 100 N and speed of 10 mm/min, according to the ISO EN 1071-3:2005 standard.

Резюме. Целта на тази статия е да се сравнят механичните и трибологичните свойства на TiCN и CrCN покрития. Тези покрития са широко използвани при индустриални приложения за

подобряване на триенето и износването. Нанесени са при еднакви условия на нанасяне чрез индустриална система за физическо отлагане от парова фаза (PVD). Оценяването на трибологичните свойства е направено при "ball-on-disc" режим и са сравнени износването и скоростта на износване на покритията и контрателата. Тестовото изследване е проведено използвайки топче от Al_2O_3 с диаметър 6,350 mm и 10 N натоварване, при стайна температура и 44 ± 2 % влажност. Механичните свойства са оценени чрез наноиндентор, сканиращ електронен микроскоп и механичен профиломер. Измерени са твърдостта, модулът на еластичност, химичният състав и морфологията на повърхността на покритията. Теста чрез надраскване е извършен върху покритията чрез CETRUMI Multi-Speciment тестова система с приспособление за надраскване при прогресивно натоварване от 2 до 100 N и скорост от 10 mm/min, в съответствие с ISO EN 1071-3:2005 стандарт.

Г7-13

T. Bakalova, N. Petkov, Hr. Bahchedzhiev, P. Louda, "Tribology of Titanium-Aluminium base nanomultilayer coatings", Manufacturing Technology, Vol. 16, No. 5, pp. 859 – 864 (2016), SJR (2016) = 0.399

Abstract. The article presents investigation of the tribological properties, particularly dry friction and friction using a process fluid, of friction pairs of steel ball against titanium-aluminium base nanomultilayer (NML) coatings. The coatings are deposited by cathodic arc evaporation of both pure titanium and aluminium with eighteen percent silicon cathodes. Each multilayer structure consists of 49 bi-layers. The external deposited layer is with five times longer growing period. The coatings are deposited at the temperature of 400°C and the work pressure of 2 Pa. Polished steel discs ($\varnothing$ 20 mm $\times$ 5 mm thick) are used as the substrate material. The measured dry friction coefficients are in the range of 0.216 – 0.356 and the coefficients friction using process fluid is in the range of 0.085 – 0.151. The calculated wear of the counter-body is in the range of $(0.66 \div 4.21) \times 10^{-3} \text{ mm}^3$, as it depends on the friction conditions and the used multilayer coating.

Резюме. Статията представя изследване на трибологичните свойства, в частност сухо триене и триене използвайки технологична течност, на триеща се двойка стоманена сачма към наномултислойни покрития на основата на титан - алуминий. Покритията са отложени чрез електродъгово изпарение на титанов и алуминиев с осемнадесет процента силиций катода. Всяка една многослойна структура се състои от 49 бислоя. Най-външният отложен слой е с пет пъти по-дълго време на израстване. Покритията са отложени при 400°C температура и 2 Pa работно налягане. За подложки са използвани полирани стоманени дискове ($\varnothing$ 20 mm $\times$ 5 mm). Измереният коефициент на сухо триене е в интервала 0,216 - 0,356, а коефициента на триене при технологична течност е в интервала 0,085 - 0,151. Изчисленото износване на контрателото е в интервала $(0,66 - 4,21) \times 10^{-3} \text{ mm}^3$, като то зависи от условията на триене и използваното покритие.

Г7-14

T. Bakalova, N. Petkov, T. Cholakova, Fr. Kaván, Hr. Bahchedzhiev, "Mechanical Properties of Titanium-Aluminium base nanomultilayer coatings", Manufacturing Technology, Vol. 16, No. 4, pp. 657 – 662 (2016), SJR (2016) = 0.399

Abstract. Titanium-aluminium base nanomultilayer (NML) coatings are deposited by cathodic arc evaporation using pure titanium and aluminium with eighteen percent silicon cathodes. Each multilayer Ti-Al-Si-N structure consists of 49 bi-layers with different thickness. The external deposited layer is with five times longer growing period. The coatings are deposited at the pressure of 2 Pa and the substrate temperature of 400 °C. Polished steel discs ($\varnothing$ 20 mm $\times$ 5 mm thick) are used as the substrate material.

This article presents an investigation of the surface morphology and mechanical properties of the coatings, particularly the adhesion and nanohardness. The AFM analysis indicates that the coatings are

dense, with an average surface roughness in the range of $33 \div 58$ nm. The coating with the smaller value of average surface roughness exhibited a maximum hardness of 43 GPa. High calculated value of plasticity index (H/E) is 0.104. The scratch test results revealed that all the investigated coatings have very good adhesion in the normal loading interval from 1 N to 40 N.

Резюме. Наномногослойни покрития на основата на титан - алуминий са отложени чрез електродъгово изпарение на чисти титанов и алуминиев с осемнадесет процента силиций като ди. Всяка многослойна Ti-Al-Si-N структура се състои от 49 бислоя с различна дебелина. Най-външният отложен слой е с пет пъти по-дълго време на израстване. Покритията са отложени при 2 Pa работно налягане и температура от 400°C. За подложки са използвани полирани стоманени дискове ($\varnothing 20$ mm $\times$ 5 mm).

Статията представя изследване на морфологията на повърхността и механичните свойства на покритията, в частност адхезия и натоварване. AFM анализът показва, че покритията са плътни със средна стойност на грапавостта в интервала 33 - 58 nm. Покритието с най-ниска средна грапавост показва максимална твърдост от 43 GPa. Най-висока изчислена стойност на индекса на пластичност (H/E) е 0,104. Резултата от теста с надраскване показва, че всички изследвани покрития имат много добра адхезия при натоварване в интервала от 1 N до 40 N.

Г7-15

T. Bakalova, N. Petkov, T. Blažek, P. Kejzlar, P. Louda, L. Voleský, "Influence of coating process parameters on the mechanical and tribological properties of the thin films", Defect and Diffusion Forum, Vol. 368, pp. 59-63 (2016), SJR (2016) = 0.144

Abstract. Titanium carbonitride (TiCN) thin films with differing C content were deposited by cathodic arc evaporation of pure Ti in a gas composite environment of N₂ and C₂H₂. Scanning electron microscopy (SEM), scratch test, mechanical profilometer and "ball-on-disc" tribometer methods were used to characterize the surface, the coefficient of friction (CoF) of the TiCN thin films and the evaluated wear. An increase of the C₂H₂ fraction in the gas environment leads to a continuous increase in the deposition rate of the TiCN thin films, as well as an increase in the adhesion of the films to the substrate and the values of the CoF. Tribological test results (when tested against Si₃N₄ balls) show an increase in the friction coefficient of the TiCN from 0.08 to 0.32, with increasing carbon concentration in the film. The CoF decreases rapidly to 0.06 at a C content of 20.6 at.%, N 38.4 at.% and Ti 41.0 at.%.

Резюме. Тънки слоеве от титанов карбонитрид (TiCN) с различно съдържание на С бяха отложени чрез електродъгово изпарение чист Ti в среда на газова смес от N₂ и C₂H₂. Използвани са сканиращ електронен микроскоп (SEM), тест за надраскване, механичен профилометър и трибометър "топче - върху - диск" за характеризиране на повърхността, коефициента на триене (CoF) и оценяване на износването на TiCN тънките слоеве. Увеличаването на фракцията на C₂H₂ в газовата среда води до непрекъснато увеличаване на скоростта на отлагане на тънките TiCN слоеве, както и до увеличаване на адхезията на слоевете към подложката и на стойностите на CoF. Резултатите от трибологичните тестове (с контратела Si₃N₄ топчета) показват увеличение на коефициента на триене на TiCN от 0,08 до 0,32, при увеличаване на концентрацията на въглерод в слоя. CoF намалява бързо до 0,06 при съдържание на C от 20,6 at.%, N 38,4 at.% и Ti 41,0 at.%.

Г7-16

T. Bakalova, L. Svobodová, A. Coufalová, N. Petkov, P. Louda, L. Voleský, "Biocompatibility of surfaces of thin films TiCN", Defect and Diffusion Forum, Vol. 368, pp. 64-68 (2016), SJR (2016) = 0.144

Abstract. A series of titanium carbonitride (TiCN) films with differing C content were deposited by cathodic arc evaporation of pure Ti in a gas composite environment of N₂ and C₂H₂. The increase of the C₂H₂ fraction in the gas environment leads to a continuous increase in the deposition rate of the TiCN thin films, as well as an increase in the adhesion of the films to the substrate. To evaluate the interaction of the material with the bacteria *Escherichia coli* CCM 3954 a method was used based on the ČSN EN ISO 56 0100 standard. The bacteria were inoculated in a liquid culture medium. It was observed that the monitored surfaces support the development of bacterial populations of *E. coli* depending on the type of TiCN thin films.

Резюме. Серия от слоеве от титанов карбонитрид (TiCN) с различно съдържание на С бяха отложени чрез електродъгово изпаряване на чист Ti в газова смесена среда от N₂ и C₂H₂. Увеличаването на фракцията на C₂H₂ в газовата среда води до непрекъснато увеличаване на скоростта на отлагане на TiCN тънки слоеве, както и увеличаване на адхезията на им към подложката. За да се оцени взаимодействието на материала с бактерията *Escherichia coli* CCM 3954, беше използван метод, базиран на стандарта ČSN EN ISO 56 0100. Бактериите се инокулират в течна хранителна среда. Беше наблюдавано, че наблюдаваните повърхности поддържат развитието на бактериални популации на *E. coli* в зависимост от вида на тънките слоеве от TiCN.

Г7-17

L. Bedikyan, St. Zakhariev, P. Kejzlar, L. Volesky, M. Zakharieva, N. Petkov, P. Louda, "Preparation and Characterization of TiO₂ Thin Films for UV Sensor". MM Science Journal, MM Publishing s.r.o. Czech Republic, pp. 818 – 820 (2015), SJR (2015) = 0.168

Abstract. Nanosized TiO₂ thin films were deposited by conventional vacuum thermal evaporation and triode-cathode sputtering of Ti on silicon and quartz substrates. To form TiO₂ a high temperature annealing of the Ti films was carried out in the range of 450÷800 °C. The optical properties of TiO₂ were studied by measuring UV-VIS transmittance spectra and the indirect band gap was evaluated. Scanning electron microscope (SEM), atomic force microscope (AFM) and energy-dispersive spectroscopy were employed for surface and structure analysis. Structures for UV sensors were formed by thermal evaporation of various combing contacts on the TiO₂/Si substrates. The photoresponse of the structures was detected in the wavelength range of 235÷420 nm. An increase in photocurrent with an order of magnitude was detected by exposing samples to UVA illumination and applying 6÷10 V bias voltage. The obtained results indicated that the studied structures are suitable for UV sensors.

Резюме. Наноразмерни тънки слоеве от TiO₂ бяха отложени чрез конвенционално вакуумно термично изпаряване и триодно-катодно разпръскване на Ti върху силициеви и кварцови подложки. За образуване на TiO₂ беше извършено високотемпературно отгряване на Ti слоеве в диапазона 450÷800 °C. Оптичните свойства на TiO₂ бяха изследвани чрез измерване на спектрите на пропускливост на UV-VIS и беше оценена индиректната забранена зона. За анализ на повърхността и структурата бяха използвани сканиращ електронен микроскоп (SEM), атомно-силов микроскоп (AFM) и енергийно-дисперсионна спектроскопия. Структурите за UV сензори са формирани чрез термично изпаряване на различни гребенни контакти върху TiO₂/Si подложки. Фотоотговорът на структурите е открит в диапазона на дължината на вълната 235÷420 nm. Увеличаване на фототока с порядък на магнитуд беше открито чрез излагане на проби на UVA осветление и прилагане на напрежение от 6÷10 V. Получените резултати показват, че изследваните структури са подходящи за UV сензори.

Г7-18

T. Cholakova, V. Chitanov, D. Chaliampalias, L. Kolaklieva, R. Kakanakov, Ch. Bahchedjiev, N. Petkov, Ch. Pashinski, G. Vourlias, N. Vouroutzis, E. Polychroniadis, Y. Wang, E.I. Meletis, „Study

of the Structural and Mechanical Properties of Nanocrystalline TiAlSiN Gradient Coatings”, Journal of Nano Research Vol. 27, pp. 15 – 24 (2014), IF (2014) = 0.564

Abstract. A study of the structural and mechanical properties of nanocrystalline TiAlSiN gradient coatings deposited by cathodic arc deposition techniques at 500 °C and post-annealed at 525 °C is presented. Analysis of the coatings, chemical composition and microstructure revealed that the coatings have a structure based on (Ti, Al)N nanocrystals with an average size of 10 nm embedded in an amorphous Si₃N₄ phase. The study of the mechanical properties showed that post-annealing causes improvement and increase of the coatings hardness. A maximum hardness of 48 GPa and elastic modulus of 560 GPa were measured. Also, excellent adhesion to the WC-Co substrate was observed in the post-annealed coatings.

Резюме. Представено е изследване на структурните и механични свойства на нанокристални TiAlSiN градиентни покрития, отложени чрез електродегово изпарение при 500 °C и след отгряване при 525 °C. Анализът на покритията, химичния състав и микроструктурата показва, че покритията се състоят от (Ti, Al)N нанокристали със среден размер от 10 nm, вградени в аморфна фаза от Si₃N₄. Изследването на механичните свойства показва, че отгряването води до подобряване и повишаване на твърдостта на покритията. Измерени са максимална твърдост от 48 GPa и модул на еластичност от 560 GPa. Адхезията на покритията към подложка от WC-Co е отлична след отгряване.

Г7-19

V. Chitanov, T. Cholakova, L. Kolaklieva, R. Kakanakov, Ch. Bahchedjiev, N. Petkov, “Influence of thermal treatment on the mechanical properties of TiAlSiN-based coatings”, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 48, 6, pp. 567 – 570 (2013), SJR (2013) = 0.17

Abstract. This work presents a study on the influence of the deposition and annealing temperatures on the mechanical properties of quaternary TiAlSiN-based thin films. The coatings are deposited by cathodic arc evaporation onto substrates of cemented carbide at deposition temperatures of 470°C and 500°C. A part of them is post-deposition annealed at 550°C and 525°C.

The investigation of the mechanical properties showed strong dependence on the thermal treatment. Highest nanohardness of 45 GPa was obtained at deposition temperature of 500°C and post-annealing at 525°C. The results from the scratch test revealed very good adhesion to the substrates as no delamination was observed, and a relatively low friction coefficient of 0.05-0.07 was obtained.

Резюме. Тази работа представя изследване на влиянието на температурите на отлагане и отгряване върху механичните свойства на четворни TiAlSiN - базирани тънки слоеве. Покритията се отлагат чрез електродегово изпарение върху подложка от волфрамовкарбид, при температури на от 470°C и 500°C. Част от тях са отгряти след отлагане при 550°C и 525°C.

Изследването на механичните свойства показва силна зависимост от термичната обработка. Най-високата нанотвърдост от 45 GPa бе получена при температура на отлагане от 500°C и след отгряване при 525°C. Резултатите от теста за надраскване показва много добра адхезия към подложките, тъй като не се наблюдава разслояване, а коефициента на триене е относително нисък от 0,05-0,07.

Г7-20

L. Kolaklieva, R.Kakanakov, D.Chaliampalias, G.Vourlias, K.Chrissafis, T.Cholakova, V.Chitanov, Ch.Pashinski, Hr. Bahchedjiev, N.Petkov, E.Polyhroniadis, “Mechanical, structural and thermal properties of multilayered gradient nanocomposite coatings”, Journal of Nano Research, Vol. 17, pp 193 – 202 (2012), IF (2012) = 0.341

Abstract. Multilayered, gradient TiAlSiN-based nanocomposite coatings have been developed and investigated with respect to their applicability in the machining industry. The main coating layer was composed of 5-8 nm TiN and AlN nanograins. The coating possessed hardness as high as 40 GPa, which allows it to be classified as superhard. During heating up to 900°C in air in steps of 100°C for 6 h at each temperature, the coating showed good stability up to 700°C. Thermal treatment over this temperature caused a decrease in the hardness to values characteristic for TiAlN multilayered coatings, while the adhesion to the substrate remained steady.

Резюме. Многослойни градиентни нанокомпозитни покрития на базата на TiAlSiN са разработени и изследвани по отношение на тяхната приложимост в индустрия. Основният слой на покритието е съставен от 5-8 nm TiN и AlN нанозърна. Покритието има твърдост до 40 GPa, при което се класифицира като свръхтвърдо. По време на нагряване до 900°C на въздух, със стъпки от 100°C за 6 часа при всяка температура, покритието показва добра стабилност до 700°C. Термичната обработка при тази температура доведе до намаляване на твърдостта до стойности, характерни за многослойни покрития TiAlN, докато адхезията към субстрата остана постоянна.