

Rekayasa Lapisan Diamond-Like Carbon Dengan Metode Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition Sebagai Aplikasi Dies Microforming = Development of Diamond-like Carbon Coating for Microforming Applications Using Plasma Chemical Vapor Deposition

Indah Uswatun Hasanah, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920535702&lokasi=lokal>

Abstrak

Telah dilakukan pelapisan diamond-like carbon (DLC) dengan metode plasma enhanced chemical vapour deposition (PECVD). Variasi parameter jenis gas, temperatur, tekanan, dan architecture coating dilakukan untuk mengetahui karakteristik lapisan diamond-like carbon yang terbentuk. Diamond dan grafit adalah alotrop karbon yang paling banyak diketahui. Diamond merupakan mineral alam yang paling keras yang memiliki struktur hibridisasi sp^3 dan memiliki sifat ketahanan terhadap abrasive. Sedangkan grafit memiliki sifat yang lunak dengan struktur hibridisasi sp^2 . Diamond-like carbon adalah bentuk karbon amorf metastabil yang memiliki hibridisasi sp^3 dan sp^2 .

Dalam penelitian ini dilakukan rekayasa lapisan diamond-like carbon di atas permukaan substrat AISI D2 dengan metode chemical vapour deposition berupa plasma lucutan pijar yang biasa disebut plasma enhanced chemical vapour deposition. Digunakan liquid petroleum gas (LPG) sebagai sumber gas hidrokarbon yang lebih murah dan mudah di dapat. Selain itu juga dilakukan variasi parameter temperatur dan tekanan untuk mengontrol rasio sp^3/sp^2 . Selanjutnya architecture coating dengan metode double layer dipilih sebagai upaya untuk memperbaiki lapisan single layer. Karakterisasi raman dilakukan untuk membuktikan pembentukan lapisan diamond-like carbon serta rasio ID/IG (Intensity Graphitic/Intensity Disorder). Selain itu pengujian mekanik dan keausan dilakukan untuk mengetahui hubungan rasio sp^3/sp^2 terhadap rekayasa yang telah dilakukan.

Penggunaan reaktan gas LPG sebagai sumber gas hidrokarbon untuk pelapisan berhasil meningkatkan nilai kekerasan lebih besar yaitu 418,08 HV dibandingkan dengan nilai kekerasan menggunakan gas C_2H_2 (388,58 HV). Selain itu penggunaan gas LPG menghasilkan CoF lebih kecil sebesar $5,52 \times 10^{-3}$ sedangkan gas C_2H_2 didapatkan $7,59 \times 10^{-3}$. Hal ini dikarenakan rasio H/C pada LPG yang lebih besar yaitu 2,3 sedangkan pada C_2H_2 yaitu 1. Daya lekat yang dimiliki lapisan dengan gas LPG maupun gas C_2H_2 memiliki kriteria klasifikasi yang sama yaitu 5B. Didapatkan ketebalan lapisan menggunakan gas LPG lebih besar yaitu 38,65 μm , sedangkan lapisan dengan gas C_2H_2 sebesar 25,7 μm . Ketebalan ini dipengaruhi oleh kandungan karbon di permukaan, didapatkan bahwa kandungan karbon LPG sebesar 50,57% sedangkan pada gas C_2H_2 sebesar 35,9%. Nilai rasio ID/IG penggunaan gas LPG berhasil menurunkan rasio yaitu 1.17 dibandingkan dengan gas C_2H_2 yaitu sebesar 1.31. Semakin kecil nilai rasio maka akan semakin baik rasio sp^3/sp^2 nya, hal ini akan memperbaiki sifat mekanik di permukaan.

Pengaruh parameter temperatur dan tekanan pelapisan juga telah dilakukan untuk merekayasa lapisan diamond-like carbon. Didapatkan bahwa nilai kekerasan terbesar terjadi di tekanan 1.6 mbar sebesar 445,51 HV, sedangkan pada temperatur yang lebih rendah yaitu 400 oC dihasilkan kekerasan yang lebih besar yaitu

448,06 HV dibandingkan nilai kekerasan pada temperatur yang lebih tinggi (450 oC). Kenaikan tekanan pada 1.6 mbar berhasil menurunkan CoF menjadi 1.3×10^{-3} . Selain itu juga pada temperatur 400oC dihasilkan nilai CoF yang lebih kecil sebesar $1,15 \times 10^{-3}$, sedangkan pada temperatur 450oC didapatkan $5,52 \times 10^{-3}$. Hal ini dikarenakan kenaikan tekanan akan menghasilkan volume gas yang meningkat dan menghasilkan deposisi yang semakin banyak di permukaan substrat yang menyebabkan kekerasan dan ketahanan ausnya meningkat. Kemudian pada temperatur rendah akan menghasilkan tumbukan antar gas dengan energi yang lebih kecil untuk menghasilkan sp^3 lebih banyak, sehingga hal ini menyebabkan peningkatan kekerasan dan ketahanan keausan pada lapisan DLC. Daya lekat yang dimiliki lapisan diamond-like carbon pada semua variasi temperatur dan tekanan memiliki kriteria klasifikasi yang sama yaitu 5B. Peningkatan temperatur berhasil meningkatkan ketebalan yaitu 38,65 μm . Sedangkan peningkatan ketebalan lapisan didapatkan pada tekanan yang rendah yaitu 1.2 mbar sebesar 28,9 μm . Kenaikan tekanan pada 1.6 mbar berhasil menurunkan rasio ID/IG sebesar 0,84 dibandingkan pada tekanan 1.4 dan 1.2 mbar masing-masing sebesar; 0,96 dan 1,17. Penurunan temperatur terbukti berhasil menurunkan rasio ID/IG sebesar 0,78. Semakin kecil nilai rasio maka akan semakin besar rasio sp^3/sp^2 nya, hal ini akan memperbaiki sifat mekanik di permukaan.

Selain pelapisan single layer, architecture coating dengan metode double layer telah dilakukan untuk memperbaiki sifat lapisan single layer. Kemudian pengembangan lapisan interlayer kromium juga dilakukan sebagai metode architecture coating lainnya. Pada tahap penelitian architecture coating diperoleh dengan metode double layer Rekayasa 1 didapatkan nilai kekerasan 438,7 HV dan CoF sebesar 2.9×10^{-3} . Hal ini dikarenakan pengaruh gas LPG pada tahap 2 di rekayasa 1 yaitu penggunaan gas LPG, tahap akhir disetiap rekayasa menentukan sifat dari lapisan DLC. Daya lekat yang dimiliki architecture coating Rekayasa 1 dan Rekayasa 2 juga memiliki kriteria klasifikasi yang sama dengan lapisan diamond-like carbon single layer yaitu 5B. Selain itu juga ketebalan lapisan Rekayasa 1 dan Rekayasa 2 didapatkan masing masing; 30,1 μm dan 24,3 μm . Hal ini dikarenakan jumlah kandungan karbon di permukaan pada Rekayasa 1 lebih besar yaitu 48,74% dan pada Rekayasa 2 yaitu sebesar 29,08%. Architecture coating Rekayasa 1 memiliki nilai rasio ID/IG yang lebih kecil dibandingkan Rekayasa 2 yaitu masing-masing; 0,89 dan 0,96. Semakin kecil nilai rasio maka akan semakin besar rasio sp^3/sp^2 nya, hal ini akan memperbaiki sifat mekanik di permukaan. Lapisan interlayer chromium pada rekayasa parameter arus dan waktu pelapisan berhasil memperbaiki sifat mekanik dan ketahanan aus substrat AISI D2. Kenaikan nilai kekerasan seiring dengan penurunan laju keausan yang mencapai $2,85 \times 10^{-6}$. peningkatan arus listrik meningkatkan migrasi ion chromium dari larutan elektrolit ke katoda dan menghasilkan lebih banyak chromium di permukaan.

.....A diamond-like carbon coating has been carried out using the plasma enhanced chemical vapor deposition method. Variations in the parameters of gas type, temperature, pressure, and architecture coating were carried out to determine the characteristics of the diamond-like carbon layer formed. Diamond and graphite are the most widely known allotropes of carbon. Diamond is the hardest mineral with an sp^3 hybridized structure and abrasive resistant properties. Meanwhile, carbon has a soft nature with an sp^2 hybridization structure. Diamond-like carbon is a metastable amorphous carbon form with sp^3 and sp^2 hybridization.

In this study, we fabricate diamond-like carbon coatings on AISI D2 substrates using glow discharge plasma-enhanced chemical vapor deposition. LPG gas is used as a cheap and readily available source of

hydrocarbon gas. In addition, we modified the temperature and pressure parameters to control the sp³/sp² ratio. In addition, a double-layer coating structure was chosen to improve the single-layer coating. Raman characterization was performed to demonstrate the formation of diamond-like carbon layers and the sp³/sp² ratio. Additionally, mechanical and abrasion tests were performed to determine the relationship between the sp³/sp² ratio and the technique performed.

Using LPG gas reactants as a source of hydrocarbon gas for coatings increased the hardness value to 418.08 HV as compared to 388.58 HV when using C₂H₂ gas reactants. In addition, using LPG gas resulted in a CoF of 5.52 x 10⁻³, whereas C₂H₂ gas yielded 7.59 x 10⁻³. This is because the ratio of hydrogen to carbon in LPG is greater than in C₂H₂; 2.3, 1 respectively. The adhesion of the coating with LPG gas and C₂H₂ gas has the same classification, 5B, as the adhesion of the coating with C₂H₂ gas. It was determined that the layer with LPG gas was thicker, measuring 38.65 μm, than the layer with C₂H₂ gas, which measured 25.7 μm. This thickness is influenced by the carbon content on the surface; it was determined that the carbon content of LPG was 50.57 % while it was 35.9% for C₂H₂ gas. Using LPG gas, the ID/IG ratio decreased to 1.17 from 1.31 when C₂H₂ gas was utilized. The greater the sp³/sp² ratio, the better the mechanical properties of the surface, the smaller the ratio.

The influence of coating temperature and pressure parameters has also been carried out to engineer diamond-like carbon coatings. At a pressure of 1.6 mbar, the highest hardness value was 445.51 HV, while at a lower temperature of 400 oC, the hardness value was 448.06 HV, which was greater than the hardness value at a higher temperature (450 oC). The pressure increase at 1.6 mbar was able to decrease the CoF to 1.3 x 10⁻³. In addition, a CoF value of 1.15 x10⁻³ was measured at 400oC, whereas 5.52 x10⁻³ was measured at 450oC. This is due to the fact that an increase in pressure will result in an increase in gas volume, leading to an increase in deposition on the surface of the substrate, thereby increasing its hardness and wear resistance. Then, at low temperatures, encounters between gases with less energy produce more sp³, resulting in an increase in the DLC layer's hardness and wear resistance. The adhesion of the diamond-like carbon layer is classified as 5B regardless of variations in temperature and pressure. Temperature increase resulted in a thickness increase of 38.65 m. While the increase in layer thickness was achieved at a low pressure of 1.2 mbar and 28.9 μm, it was observed at a thickness of 28.9 μm. Increased pressure at 1.6 mbar decreased the ID/IG ratio by 0.84 compared to pressures of 1.4 and 1.2 mbar, by 0.96 and 1.17 respectively. The ID/G ratio was successfully decreased by 0.78 by lowering the temperature. The greater the sp³/sp² ratio, the better the mechanical properties of the surface, the smaller the ratio.

In order to enhance the properties of single layer coating, architecture coating with double layer method has also been implemented. The development of the chromium interlayer layer as an additional architectural coating method followed. At the architectural coating research stage, the double layer Design 1 method yielded a coating with a hardness of 438.7 and a CoF of 2.9 x 10⁻⁶. This is due to the effect of LPG gas in stage 2 of design 1. The final stage of this design affects the characteristics of the DLC layer. The adhesive strength of Design 1 and Design 2 is also classified as 5B, the same as the single-layer diamond-like carbon coating. In addition, the thickness of Design 1 and Design 2 layers were determined to be 30,1 μm and 24,3 μm, respectively. This is because the surface carbon content of Design 1 is 48.74% higher than Design 2, which is 29.08%. Design 1's architectural coating has a lower ID/G ratio than Design 2's; 0.89 and 0.96,

respectively. The surface's mechanical properties will be enhanced as the ratio decreases and the sp^3/sp^2 ratio increases. The mechanical properties and wear resistance of the AISI D2 substrate were enhanced by the chromium interlayer coating on the current and coating time parameter optimization. The increase in hardness value corresponded to the 2.85×10^{-6} decrease in wear rate. The increase in current increases the migration of chromium ions from the electrolyte solution to the cathode, resulting in a greater concentration of chromium on the surface.