

Kutatási beszámoló

Hő- és anyagtranszport modellezése valamint a hőmérséklet modell alapú szabályozása lineáris non-izoterm plazmareaktorban DCPN és ASPN nitridálási folyamatok esetében

2015-2016

A kutatócsoport tagjai: Dr. Kenéz Lajos kutatásvezető, Dr. Kutasi Nimród, Dr. Filep Emőd, Szócs Imre Árpád MSc hallgató

A pályázat során a lineáris non-izoterm plazma reaktorban lejátszódó hőkezelési folyamatok két kulcsfontosságú, eddig még tisztázatlan, vagy meg nem oldott problémájának tanulmányozását tűztük ki célul.

1. Az egyik a modell alapú folyamatirányítás megvalósítása, a DCPN és az ASPN típusú hőkezelések esetében. Ez tulajdonképpen a kezelt mintadarab hőmérsékletének modell alapú szabályozását jelenti. Ebben a témakörben a DCPN plazmanitridálási folyamat esetében, egy pontos matematikai modellt készítettünk a plazmareaktorban lejátszódó termikus folyamatok leírására, valamint a folyamatban résztvevő más fizikai mennyiségeknek a leírására is. Így, kimértük és matematikailag modelleztük a darab emisszivitását a hőmérséklet függvényében és modelleztük a retortában levő gázkeverék nyomását is. A modell helyességét mérésekkel igazoltuk. A következő lépésben, a DCPN (Direct Current Plasma Nitriding) folyamatban a kezelendő darab hőmérsékletének a modell alapú szabályozását fejlesztettük ki és szimuláltuk le. Az eredmények részletes bemutatását csatoljuk a „Kutatási jelentés”-hez magyar nyelven, valamint az eredmények összefoglalását bemutató tudományos dolgozatot angol nyelven, melyet a „Control engineering and applied informatics” című impakt faktorral rendelkező (ISSN 1454-8658) szakfolyóirathoz juttattunk el referálás és megjelentetés végett. A cikk címe és összefoglalója az alábbiakban megtalálható.

Heat transport modelling and adaptive model predictive temperature control of the direct current plasma nitriding process performed in a linear non-isotherm plasma reactor

Nimród D. Kutasi*, Emőd Filep*, Lajos Kenéz*

* *Department of Electrical Engineering, Faculty of Technical and Human Sciences, Sapientia-Hungarian University of Transylvania, Tg. Mureş, (e-mail: kutasi@ms.sapientia.ro, efilep@ms.sapientia.ro, kenez@ms.sapientia.ro).*

Abstract: The paper focuses on the exact modelling and the model-based predictive temperature control of the direct current plasma nitriding (DCPN) system. The DCPN process is a well-known industrial technology, however the mathematical modelling of the process from the control point of view is not developed, thus the aim of the paper is to develop a systematic modelling procedure for the heat transport and pressure dynamics. The heat transport

modelling was performed taking into account the heat transported by the gas-flow, the conducted heat and the radiated heat. The emissivity of the treated part was estimated and the temperature dependence of the emissivity was modelled. The pressure dynamics was modelled and validated. The obtained model for the temperature dynamics is highly nonlinear, mainly due to the heat-radiation, and the model contains variable parameters like the mass of the treated parts, thus an adaptive model predictive controller (A-MPC) is proposed for an accurate temperature control. The performance of the A-MPC is compared with the classical PID controller, proving the benefits of the model-based control.

2. A második téma a hőkezelés (amely a darab nitridálását jelenti) mechanizmusainak tanulmányozását jelenti. A kutatási tervben részletesen több évtizedre visszamenőleg, irodalmi hivatkozásokkal alátámasztva bemutattuk azt, hogy miként változott az idők során a nitridálás folyamatának vélt mechanizmusairól kialakult nézőpont. Az elmúlt évben végzett kísérleteink során azt tapasztaltuk, hogy a plazmába bejutott nitrogén és hidrogén gázelegyből a plazmában ammónia képződik melynek egy része el is bomlik a hőkezelés során, egy részét viszont a vákuum-szivattyú eltávolítja a rendszerből. A plazmareaktor egyensúlyi állapotát számos paraméter jellemzi és befolyásolja, mint a gázhozam, gázösszetétel, szívási sebesség, egyensúlyi nyomás, a hozam és a folyási keresztmetszet viszonya, a kisülési áram és feszültség, hőmérséklet, ezért csak egy-egy paramétert elkülönítve változtatni lehetetlen.

Az acélok nitridálása szempontjából legfontosabb paraméter a hőmérséklet és a gázösszetétel, ezért vizsgáltuk az ammónia képződését az egyensúlyi hőmérséklet függvényében, ammóniának megfelelő gázösszetétel mellett ($N_2 + 3H_2$) állandó értéken tartva a belépő térfogati hozamot és a nyomást.

Második esetben vizsgáltuk az ammónia képződését a gázösszetétel függvényében egy állandó hőmérsékleten, állandó értéken tartva a belépő térfogati hozamot és a nyomást, de ezen belül változtatva az $N_2/(N_2+H_2)$ részarányt.

Az eredmények részletes összefoglalása a „Kutatási jelentés”-hez csatolt magyar nyelvű tanulmányban található meg. Ebből az anyagból kiindulva a közeljövőben angol nyelvű tudományos közleményt fogunk írni, melyet szintén impakt faktorral rendelkező folyóirathoz fogunk eljuttatni referálás és megjelentetés végett.

3. Az előző két pontban vázolt kutatások eredményeként egy összefoglaló cikket írtunk, melyben egy az eddig elismert két plazmanitridálási módszer mellett mi egy harmadikat írtunk le. Ezt a cikket a „Surface Coatings and Technology” című impakt faktorral rendelkező szaklaphoz küldtük be referálás végett. A referálás folyamata még nem zárult. Az alábbiakban ennek a cikknek is a címe és az összefoglalója megtalálható.

HOLLOW CATHODE PLASMA NITRIDING (HCPN)

L. Kenéz^{1*}, N. Kutasi¹, E. Filep¹, L. Jakab-Farkas¹, L. Ferencz²

¹ Sapiientia Hungarian University of Transylvania, Human and Technical Sciences Faculty, Electrical Engineering Department, Tîrgu-Mureş /Corunca, RO-540485, Şos. Sighişoarei Nr. 1C, Romania

² Sapiientia Hungarian University of Transylvania, Human and Technical Sciences Faculty, Department of Horticulture, Tîrgu-Mureş /Corunca, RO-540485, Şos. Sighişoarei Nr. 1C, Romania

Abstract

A study of new plasma nitriding system, using the hollow cathode effect (Hollow Cathode Plasma Nitriding - HCPN) is presented. The aim of the study is to investigate the differences and similarities with conventional Active Screen Plasma Nitriding (ASPN). At the same time, the experimental results i.e. optical and scanning electron microscopy study of white and diffusion layer along with micro-hardness measurements are presented. Furthermore, the ammonia formation during the nitriding process is studied at different temperatures. We show that the amount of ammonia present reaches a maximum value at 700 K and at higher temperatures the amount of ammonia present gradually decreases. This indicates that at the higher temperatures more and more of the formed ammonia dissociates (decomposes) on the hot surfaces of the sample and cathode, transferring the nitrogen to these surfaces, as in the case of classic gas nitriding.

Időközben megjelent a Sapientia-EMTE saját kiadványában egy a KPI által támogatott kutatásunk eredményeként megjelent cikkünk, mely az alábbi web-helyen olvasható:

<http://www.acta.sapientia.ro/acta-emeng/emeng-main.htm>

Marosvásárhely, 2016. Augusztus 31.

Dr. Kenéz Lajos
docens, kutatásvezető