

# Masės pernašos modelio pritaikomumas išplėsto austenito tyrimui

## Applicability of the mass transfer model to the study of expanded austenite

Paulius Andriūnas<sup>1</sup>, Arvidas Galdikas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas, Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas  
[paulius.andriunas@ktu.lt](mailto:paulius.andriunas@ktu.lt)

Austenitinis nerūdijantis plienas (ANP) yra plienas, kuris turi paviršiuje centruotą kubinę (PCK) kristalinę gardelę, ir ne mažiau kaip 16 masės% chromo ir pakankamai nikelio ir (arba) mangano, kad išlaikytų šią struktūrą kambario temperatūroje. Atliekant tokio lydinio nitrinimą mažesnėje temperatūroje nei susidaro nitridai, galima padidinti paviršiaus kietumą, atsparumą dilimui ir atsparumą korozijai taip pat pakeisti magnetines savybes.

Daug darbų yra atlikta rodančiu, kad azoto difuzijos gylis ANP priklauso nuo kristalinės gardelės orientacijos. Azoto difuzijos gylis priklausomumas aiškinamas, kaip gardelės įtempių anizotropija, kuri sukėlė difuzijos aktyvinimo energijos priklausomybę nuo orientacijos.

Išplėstas austenitas yra žinomas kaip persotintas kietas tirpalas nerūdijančiame pliene, turintis netvarkingą PCK struktūrą ir iškraipytas gardelę. Didelis azoto kiekis, prasiskverbiantis į austenitą, buvo priskirtas azoto pagavimui oktaedrinėse tarpmazgiuose, kai lydinyje yra azotui, didelį giminingumą turintis elementas chromas. Tyrimai parodė, kad chromo atomai svarbūs dėl sudaromo cheminio surišimo efekto, kai Cr atomai sukuria pagavimo vietas N.

Į mėginį prasiskverbiantčio azoto kiekiui įtakos turi ne tik tūriniai, bet ir paviršiuje vykstantys procesai, kaip adsorbcija, desorbcija ir heterogeninės cheminės reakcijos.

Šio darbo tikslas sukurti programą, panaudojus publikuotą Arvaido Galdiko ir Teresos Moskališienės modelį [1] ir patikrinti ar gali modeliuoti išplėsto austenito azoto kiekio profilį.

Darbe buvo naudojamas modelis publikuotas [1]. Modelyje yra įtraukta adsorbcija, antrasis Fiko dėsnis, difunduojančio azoto sukurti įtempiai ir kristalinės gardelės orientacija, ir azoto atomų pagavimas chromo atomais lydinyje.

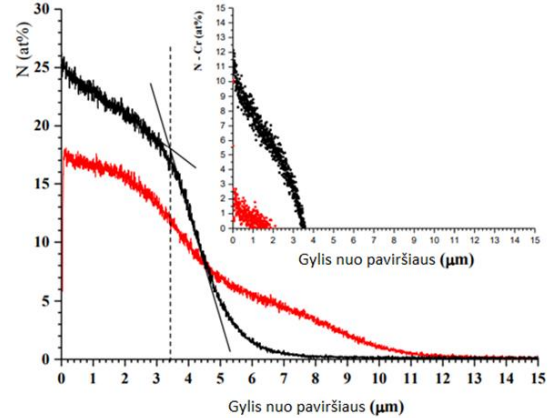
$$\frac{\partial C_{Ndif}}{\partial t} = \phi_{0(hkl)} + \nabla_x (D \nabla_x C_{Ndif}) - \quad (1)$$

$$\nabla_x \left( \frac{D \cdot V_N \cdot C_{Ndif} \cdot X_{stress(hkl)}}{k_B \cdot N_A \cdot T} \nabla_x C_{Nsum} \right) - \frac{\partial C_{Ntrap}}{\partial t}$$

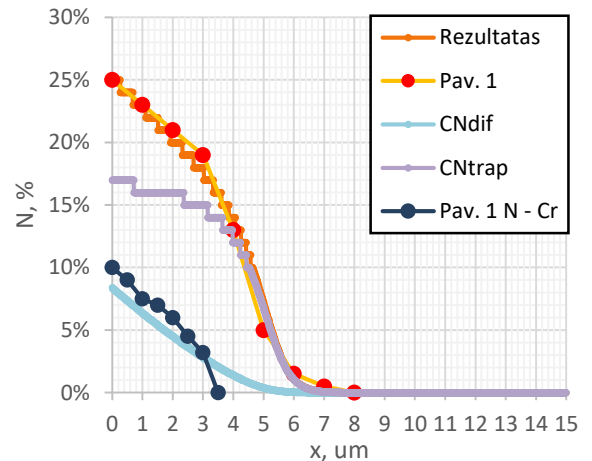
$$\frac{\partial C_{Ntrap}}{\partial t} = K \cdot \left[ C_{Ndif} (H_t - C_{Ntrap}) - N_0 \cdot C_{Ntrap} \cdot \exp\left(\frac{-E_B}{k_B T}\right) \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial C_{Nsum}}{\partial t} = \frac{\partial C_{Ndif}}{\partial t} + \frac{\partial C_{Ntrap}}{\partial t} \quad (3)$$

Rezultatai parodė, kad programa ir modelis gali tiksliai atvaizduoti išplėsto austenito bendrą azoto kiekio profilį, tačiau lyginant skirtumo tarp N ir Cr kiekio profilį nuo gylio su azoto koncentracija gardelėje (CNdif) kokybiškai gali parodyti tik iki pusės nitrinimo gylio su 20% paklaida.



1 pav. Induktyviai susietos plazmos optinės emisijos spektrometrijos azoto kiekio profiliai AISI 316L mėginį nitrinus 4 valandas 410°C temperatūroje prieš atkaitinimo procesą ir jo pabaigoje (atkaitintas 8 valandas 400°C temperatūroje ir 5 valandas 470°C temperatūroje). Papildomas paveikslas rodo skirtumo tarp N ir Cr kiekio raidą kaip gylio funkciją [2].



2 pav. Rezultatai gauti, panaudojus programą parašytą pagal minėtą masės pernešimo modelį.

*Reikšminiai žodžiai: austenitinis nerūdijantis plienas; azotinimas; streso sukelta difuzija; pagavimas; kinetinis modeliavimas.*

### Literatūra

- [1] Galdikas, A., Moskališienės T. The Anisotropic Stress-Induced Diffusion and Trapping of Nitrogen in Austenitic Stainless Steel during Nitriding. Metal, 1 Spalio 2020.
- [2] Czerwicz, T., Andrieux, A., Marcos, G., Michel, H., Bauer Ph. Is "expanded austenite" really a solid solution? Mössbauer observation of an annealed AISI 316L nitrided sample. Journal of Alloys and Compounds, 30 Lapkričio 2019, Volume 811.