

Tisztelt Dr. Török Tamás!

Köszönetet szeretnék mondani a „*A mikroszerkezet és összetétel hatása a vas- és acélfelületeken kialakított korrózióvédő bevonatok tulajdonságaira*” című doktori dolgozatom bírálatában az Öntől kapott pozitív visszajelzésre és megerősítésre a téma aktualitása szempontjából.

A kapott bírálati pontokra és a feltett kérdésekre az alábbiakban válaszolok.

Az **1. tételben**, a felületkezelő üzemek számára összeállított és forgalmazott vegyszereket használva, többféle kísérleti beállítás mellett, együtt cinkfoszfátzott vasalapú és alumíniumötvözet mintákat, és megállapította, hogy ilyen esetekben a szükséges fluoridos adalékot milyen mennyiségben és hogyan szükséges a foszfátzó vegyszer oldathoz (ún. fürdőhöz) adagolni. Megállapítását gondosan megtervezett és kivitelezett kísérletekkel és a bevonat minőségét pedig korrekt ellenőrző mérésekkel támasztotta alá, így ezt a tézispontot elfogadom.

Válaszom: Tisztelettel köszönöm a pozitív visszajelzését.

A **2. tézispont**, a hasonló kísérleti beállítások mellett leválasztott foszfátrétegek röntgendiffrakcióval beazonosított fázisairól szól, melyek a vizsgált kétféle gyorsító (nitrit, illetve nitroguanidin) esetén azonosak voltak. Kérdezném, hogy volt-e olyan előzetes várakozása, hogy a tesztelt kétféle gyorsító hatására valamilyen más vegyületek (is) leválhattak volna, s ha igen, akkor milyenek, illetve melyek?

Válaszom: A foszfátzóról szóló összefoglaló szakirodalom alapján (Rezace, N.; Attar, M.M.; Ramezanzadeh, B. *Studying corrosion performance, microstructure and adhesion properties of a room temperature zinc phosphate conversion coating containing Mn^{2+} on mild steel*. *Surface and Coatings Technology*, 2013, 236, 361-367, DOI: 10.1016/j.surfcoat.2013.10.014) acél felületeken a mangánnal módosított fürdőkben létrehozott bevonat összetétele lehet $Zn_2(Fe/Mn)(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ vagy $Mn_2Zn(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ vagy $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$. Cinkbevonatos lemezen és alumínium felületen $Mn_2Zn(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ vagy $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ [Donofrio, J. *Pretreatment: Zinc Phosphating, Metal Finishing*, 2010, 108(11-12), 40- 56, DOI: 10.1016/S0026-0576(10)80212-0] illetve $(Zn_{2.3}(Ni_{0.1}Mn_{0.6})(PO_4)_2 \cdot 4H_2O)$ általános képlettel írja le a kristályos fázist alumínium hordozó esetén. Ezek ismeretében feltételeztem az alumínium és acél együttes cinkfoszfátzás esetén kis mennyiségű, kimutatható $Mn_2Zn(PO_4)_2 \cdot H_2O$ fázis illetve nizamoffit ($MnZn_2(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$) képződését acél felületen is a kutatásban használt cinkfoszfát

fürdő mangántartalma miatt, illetve a foszfátózott acélfelület elemtérképén látható mangántartalmú területek (<5%) és az EDX mérési eredmények (1.38 - 4.3 tömeg% Mn) alapján. Azonban a kutatás során, ebben a kísérleti részben az alumínium és acél felületek együttes cinkfoszfátozási reakciójában, a röntgendiffrakciós felvételeken látható volt, hogy amíg az alumínium alapfémeken a hopeit és a foszfofillit fázis mellett megjelentek a mangántartalmú kristályos fázisok, addig az acél alapfémeken a hordozó vas erőteljes reflexiói mellett, mindkét gyorsítónál (nitrit és nitroguanidin) egyértelműen a fő fázisalkotó a foszfofillit és mellette kisebb mennyiségű hopeit volt az összetevő.

Ez a vizsgálati eredmény különlegesen jelentős, mivel a magas foszfofillit tartalmú foszfátrétegek hatékony konverziós bevonatként szolgálhatnak a katódos elektroforetikus festés esetén a magas beégetési hőmérséklet és a jobb lúgállóság miatt, üzemi körülmények között.

A **3. tézisponttal** kapcsolatosan kérdezem, hogy a használt szóróanyagok kiváltotta eltérő felületi mikrogeometriák mellett, a felületet ért mechanikai behatás(ok) mértéke és a felületekben ezáltal keltett maradó feszültségek szintje és eloszlása is befolyással lehetett-e a leválasztott cinkfoszfát rétegek struktúrájára?

Válaszom: A kutatásaim során csak a mechanikai felület-előkészítés során kialakult felületi mikrogeometria hatásait vizsgáltam, a maradó feszültségek hatását nem vizsgáltam, de a rendelkezésre álló szakirodalom (Bačová V., Draganovská D. *Analyses of the quality of blasted surfaces. Materials Science, 2004, 40(1), 125-131. DOI: 10.1023/B:MASC.0000042795.54319.a5*) (Brezinová J., Guzanová A., Draganovská D., Brezina J., Viňáš J. *The change in the morphology of the blasted surface after phosphating and cathodic coating. Koroze a ochrana materiálu, 2020, 64(4) 131-140, DOI: 10.2478/kom-2020-0019*)(Draganovská, D., Izaríková, G.; Guzanová, A., Brezinová, J. *General regression model for predicting surface topography after abrasive blasting. Metals, 2018, 8(938), DOI: 10.3390/met8110938*), illetve a személyes tapasztalataim alapján kijelenthető, hogy az anyagok gyártási története jellegzetes tulajdonságokat hagy a felületen, amelyek befolyásolják viselkedésüket a felület-előkezeléskor alkalmazott technológiai folyamatok során. A réteg összetételét a szóróanyagok felületen maradó, a kémiai felület-előkezelés során nem eltávolítható elemei befolyásolják, a felületen kialakult cinkfoszfát réteg topográfiáját az alapfém felületi érdessége határozza meg, amelyet viszont befolyásol az alkalmazott szóróanyagok keménysége, alakja, összetétele, tisztasága, a szórási- szög, idő, erő stb.

Mivel a járműgyártás során nemcsak a szóróanyagok, hanem a hegesztés, forgácsolás, kovácsolás, hőkezelések, görgőzés, húzás is visz maradó feszültséget a felület-előkezelésre

kerülő munkadarabokba, ennek hatásának vizsgálata a felületen kialakuló korrózióvédő bevonatokra egy ígéretes kutatási terület lehetne a jövőben. A maradó feszültség vizsgálata, hasonlóan röntgendiffrakcióval ipari körülmények között is elvégezhető (ld. Mertinger-Sólyom-Cseh: *Maradó feszültség vizsgálata röntgendiffrakcióval*) akár a kristályos réteg összetétel-vizsgálatával párhuzamosan.

A **4. tézispontban** megfogalmazott felületi színeltérések véleménye szerint milyen optikai jelenségekkel vannak összefüggésben és a vizuálisan észlelhető/érezhető szín és tónus nem változhat-e a változó egyéb körülményektől (megvilágítás, az érzékelő szeme, pozíciója stb.)?

Válaszom: A dolgozatban közölt mérések közül mind bikationos (Zn^{2+} , Mn^{2+} kationokat tartalmazó) mind a trikationos (Zn^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} kationokat tartalmazó) fürdőkben történő felület-előkezelés során, mind mártó mind szóró eljárásban, mind különböző cinktartalmú fürdőben szórással felhordva is ugyanúgy látható a színeltérés, amelyet nem befolyásol a alkalmazott gyorsító mennyisége vagy a minősége sem. Ugyanez az optikai jelenség látható különböző vegyszergyártók által szállított cinkfoszfátozó fürdők használata esetén is. A vizuálisan látható színeltérés egyértelműen látható ipari körülmények között is, még eltérő megvilágításban is. Mivel az egymáshoz viszonyított, eltérő színárnyalatú cinkfoszfát réteg alakul ki, maga a megvilágítás vagy a megfigyelő pozíciója egyformán hat, maga a szín valódi megjelenése nem fontos, csak az egymáshoz viszonyított, vizuálisan is látható színeltérés.

Különösen jelentős ez a kutatásban hangsúlyozott ipari körülmények között, ahol már a termelési folyamat során, az előkezelő sorokon lévő összetett munkadarabokon vizuálisan is észlelhető a különböző érdességű és struktúrájú alapfémek viselkedése, így azonnal lehet a felület előkezelő sorok beállításait finomítani, állítani az adott munkadarabokhoz.

Az **5. tézispontban** megfogalmazottak kísérleti észleléseken és nagyműszeres (EDX, XRD) méréseken alapulnak, és az adott minőségű és felületállapotú vizsgált darabok együttes foszfátozására vonatkozó megállapításokat helytállónak ítélem meg és elfogadom.

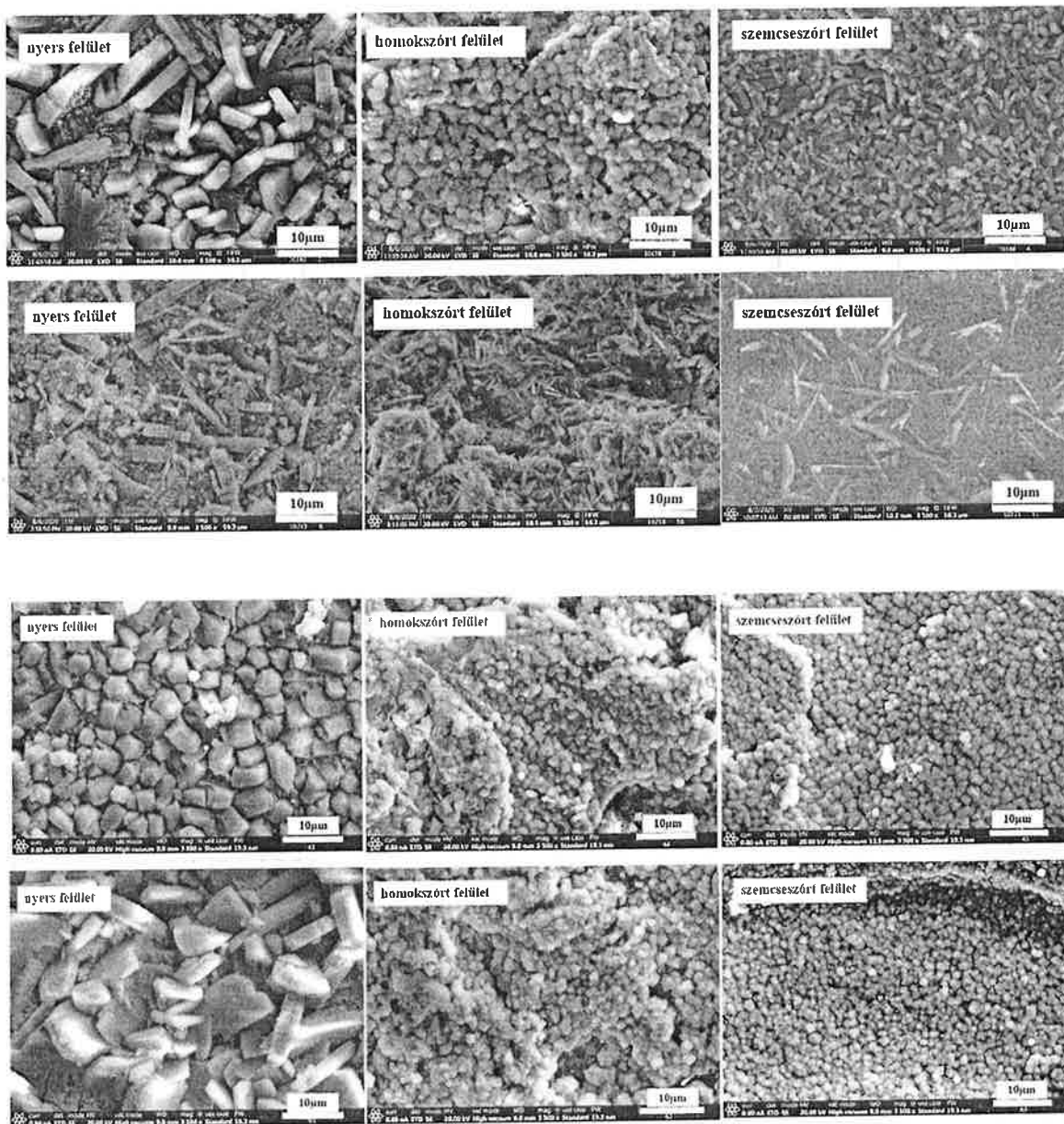
Válaszom: Tisztelettel köszönöm a pozitív visszajelzését.

A **6. tézispontban** megfogalmazott állítások is kísérleti észleléseken alapulnak, a megadott minőségű és felületállapotú acéldarab és az adott minőségű és felületállapotú öntöttvas darabok együttes foszfátozására, s ennek alapján a megállapítását érvényesnek ítélem meg és elfogadom.

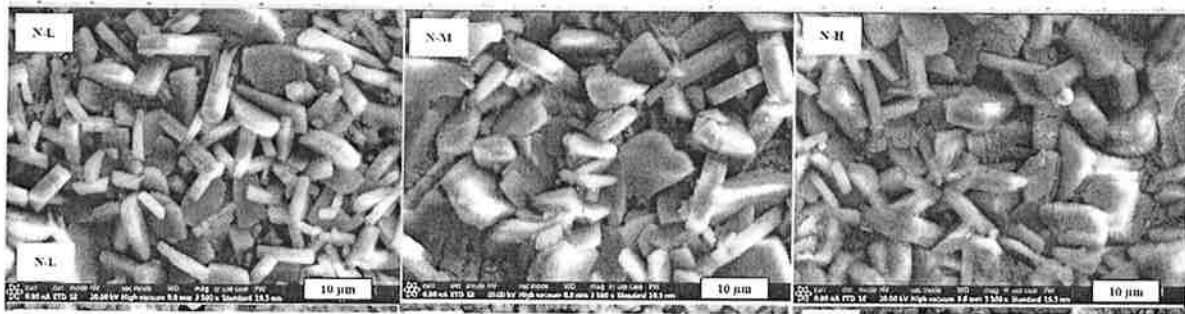
Válaszom: Tisztelettel köszönöm a pozitív visszajelzését.

A 7. tézisponttal kapcsolatosan kérdezném, hogy minek tulajdonítja azt a megfigyelését, hogy a vizsgált legkisebb felületi érdességű acélmintánál, vagyis „ $R_z < 10 \mu\text{m}$ felületi érdesség esetén a (kialakult cinkfoszfátos réteg) kristályszerkezete egyenetlen, és szabálytalan, nagy kristályokat tartalmaz...”

Válaszom: S420MC acéllemezek esetében a nyers, mechanikai felület-előkezelést nem kapott mintákon, amelyeknek a felületi érdessége $R_z = 6.04 \mu\text{m}$ volt a SEM felvételeken minden vizsgálati esetben ez volt látható. Ezek az egyenetlen, nagy méretű és szabálytalan kristályok a felületi érdesség növelésével (szemcseszórás esetén), azonos feltétek és körülmények mellett, szabályos szerkezetben váltak le és a felületet egyenletesen fedték.



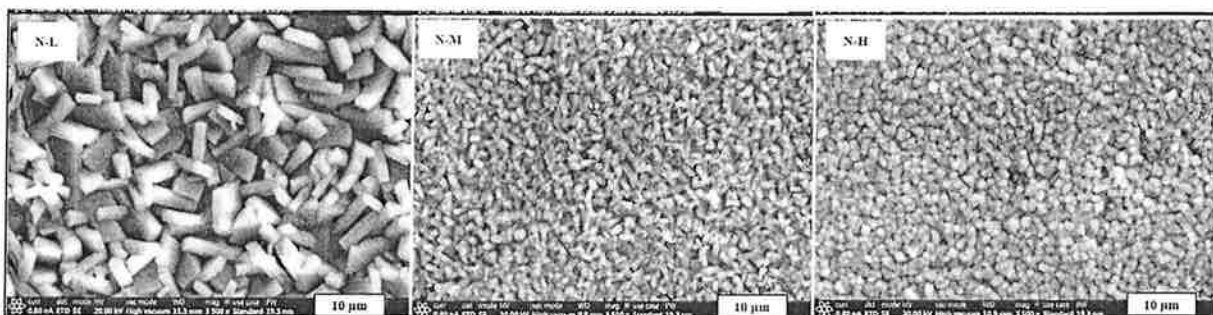
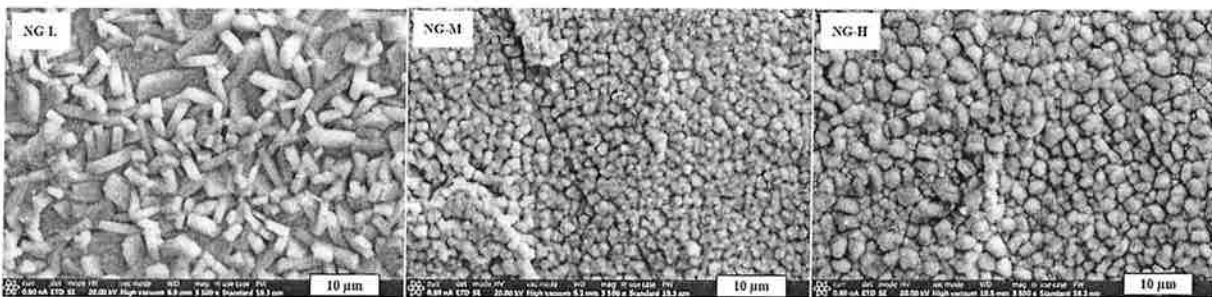
Nitrit gyorsító használata esetén a SEM felvételek alapján megállapítható volt, hogy a gyorsító adagolási mennyiségének változtatása nem tudta megváltoztatni a felületen kialakult kristálystruktúrát, a kristályok nagyok és szabálytalanok voltak:



Nitroguanidin gyorsító használata esetén a SEM felvételek alapján megállapítható volt, hogy a gyorsító adagolási mennyisége sem változtatta meg a szabálytalan kristálystruktúrát:



SAE1008/1010 CRS acél ($R_z=4,5 \mu\text{m}$) esetén a gyorsító adagolási mennyiségének változtatásával (L= alacsony; M= normál; H= magas adagolási mennyiség a TDS lap által megadott adagolási mennyiséghez viszonyítva) a kristályok szabályosan és egyenletesen képződtek az alapfém felületén:



Remélem, hogy minden kérdésre megfelelő, szakmailag is helytálló választ tudtam adni.

A műhelyvitára készített opponensi véleményében köszönöm a javaslatokat a szakszerű megfogalmazások és a pontatlanságok javításához, ezzel is javítva a dolgozat színvonalát, így a nyilvános védésre már - tartalmi és szakmai szempontból is - egy értékeőbb dolgozatot tudtam előkészíteni. Hálás vagyok az Öntől érkezett szakmai kiegészítésekért és kritikai megjegyzésekért, ezek is formálták a kutatói látásmódomat, amelyet a jövőben – reményeim szerint – sikerrel használni fogok tudni a tudományos életben.

Tisztelettel köszönöm, hogy támogatja az értekezés nyilvános vitára bocsátását és az általam megfogalmazott tézisek elfogadását.

Tisztelettel és köszönettel:



HERBÁTH BEÁTA

doktorjelölt

VMADI

SÁRVÁR, 2023. november 14.