



**PROBLEM ZAVRŠNE OBRAD
METALNI SIKATIVI KAO
POVRŠINSKI REFERIRANA
PARAMAGNETSKA PONO
KONTAMINACIJA DRV
STUPNJEVANOG PRE
NEUTRALNOSTI**



Problem završne obrade: metalni sikativi kao površinski referirana paramagnetska ponovna kontaminacija drveta stupnjevanog prema neutralnosti

A. Bosque, M. Ferro, L. Solder, H. Park

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Sažetak

Prate a studija uspostavila je stupanj neutralnosti konstrukcijskog drveta, utemeljen na preostoj maseni udio željeza i mangana prema dijamagnetskoj osnovi. Taj stupanj svojstvo je sirove gredice. Ovaj rad razmatra što se s njim događa kada se gredica završno obradi. Gotovo svako ulje, svaki lak i svaka lazura koji se stvrdnjavanjem, stvrdnut ne isparavanjem nego autooksidativnim umrežavanjem sušivog ulja kataliziranim metalom, a katalizator je paramagnetski prijelazni metal -- najčešće kobalt ili mangan -- nanesen kao karboksilatna sol u filmu. Budući da film leži na vanjskoj površini, katalizator se nanosi upravo tamo gdje nosa do referiranu volumnu magnetsku susceptibilnost na uzorcima tikovine 5N prije i nakon šest postupaka: tungovo ulje bez sikativa, kuhano laneno ulje s Co oktoatom, alkidni brodski lak s Co + Mn + Zr, akril na bazi vode i ulje s tvrdim voskom) magnetometrijom s vibrirajućim uzorkom i SQUID magnetometrijom, uz dubinsko profiliranje tinjom. Završne obrade s oksidativnim stvrdnjavanjem podigle su susceptibilnost gornjih 50 mikrometara s dijamagnetske osnove blizu $\chi_v = -6 \times 10^{-6}$ na neto pozitivne vrijednosti, reklasificiraju i svaki katalizirani uzorak iz 5N u ispod 4N; gornjih 50 do 100 mikrometara. Noviji trend sikativa bez kobalta (zamjene na bazi Mn, Fe i vanadija) uklanja toksikološki, ali ne i magnetski problem, jer su i zamjene paramagnetske. Zaključujemo da je jedina završna obrada koja uvaštava obrade, te da je elementarna površinska patina -- oksidacija ugljičnog skeleta drveta, koja ne ostarjenja kompatibilna sa stupnjem.

1. UVOD

Gredica stupnjevana prema neutralnosti zaslužuje svoj stupanj mjerenjem: skeniranje feromagnetske susceptibilnosti i analiza tragova metala slažu se da drvo ne sadrži više od određene količine metala, da njegova neto volumna susceptibilnost ostaje dijamagnetska. Ekvatorijalna plantažna tikovina doseže 5N ($\text{Fe} + \text{Mn} \leq 10 \text{ ppm}$) pri isporuci i 6N odabirom pojedina ne gredice. Stupanj je stvaran, certificiran je za svaku je stanju u kojem napušta pilanu.

Glavna studija (Bosque, Ferro, Park i Tanaka, 2026) zabilježila je u jednom završnom odjeljku da završna obrada drveta uništava stupanj i navela jedno mjerenje prije i poslije na uzorku s kuhanim lanenim uljem da to pokaže. To opažanje zaslužuje više od jednog odlomka. Tvrdnja je protivna intuiciji: svaki stolar završnu obradu shvaća kao zaštitu od najrazornija stvar koja se može uiniti materijalu nosa a protivi se stolje u radionici koje proizvode o proizvod -- isporuivati nosa e bez završne obrade, protivno svakom o ekivanju kupca se kvantitativno utvrditi na više kemija završne obrade, uz lociranje one išuju eg metala.

To je svrha ovog rada. Završnu obradu ne tretiramo kao površinsku estetiku nego kao tanak, namjerno nanesen sloj katalizatorskog metala i pitamo koliko to no paramagnetske mase nanosi i gdje. Odgovor je nepovoljan za cijelu klasu ulja i lakova s oksidativnim stvrdnjavanjem koji dominiraju finom obradom drveta, iz razloga koji nema nikakve veze s drvetom, a ima sve veze s kemijom koja stvrdnjava film.

2. KEMIJA SIKATIVA I OPTEREĆENJA METALOM

Sušivo ulje -- laneno, tungovo i njihovi alkidni derivati -- stvrdnjava se autooksidacijom: atmosferski kisik oduzima vodik s bis-alilnih položaja nezasi enih lanaca masnih kiselina, stvaraju i hidroperoksidi koji se razlažu u rješenje. Prepuštena sama sebi, ova reakcija je spora i traje tjednima. Ubrzavaju je sikativi: karboksilati prijelaznih metala koji kataliziraju i nastanak i razgradnju peroksida kroz redoks-ciklus izme u dva oksidacijska stanja. Klasični ciklus izme u Co(II) i Co(III) ; mangan ($\text{Mn(II)}/\text{Mn(III)}$) ponaša se slično. To su dubinski i površinski sikativi. Dodaju se kao sekundarni ili pomoćni sikativi -- ne kataliziraju redoks-korak, nego koordiniraju cijelu debljinu i sprječavaju stvaranje površinske kože koje uzrokuje isti kobalt.

Metal se isporučuje kao sol dugolanane organske kiseline -- povijesno naftenske kiseline (2-etilheksanske kiseline (oktoati)) -- odabrane zbog topljivosti u ulju, a ne zbog bilo kojeg svojstva metalnog iona osim njegove redoks-kemije. Sol se prodaje prema sadržaju metala: naftenat sa „6 posto kobalta“ sadrži 6% kobalta u sikativu. U gotovom premazu metal primarnog sikativa obično se dozira na 0,02 do 0,1 posto. Više kobalta na donjem kraju tog raspona zbog svoje djelotvornosti, a mangan nešto više.

Ti udjeli zvuče zanemarivo, a po jedinici mase završne obrade to i jesu. Problem je površinski: etkom nanesen sloj uljne završne obrade taloži približno 20 do 40 g vrste tvari po kvadratu.



10 do 20 mg kobalta po kvadratnom metru površine. Gredica tikovine 5N s 10 ppm Fe + Mn u reprezentativnom bloku od 200 x 60 x 45 mm i gusto e 650 kg/m³ sadrži približno 35 mikrograma stupnjevanog one iš uju eg m samo na gornjoj plohi nanosi nekoliko stotina mikrograma paramagnetskog metala -- red v smije sadržavati cijela gredica, smještenog u sloj mikrometerske debljine na površini na kojoj leži kabel. Stupanj je definiran da kontrolira paramagnetske dijelove na milijun; završna obrada ga ne poražava za nekoliko posto, nego za cijeli faktor.

3. EKSPERIMENT: POVRŠINSKI REFERIRANA SUSCEPTIBILNOST PRIJE I NAKON ZAVRŠNE OBRAD

Pripremili smo 36 uzoraka (60 x 60 x 8 mm) iz jedne gredice ekvatorijalne tikovine 5N, m Mn, kako bi svi uzorci dijelili istu podlogu, a svaka razlika nakon završne obrade bila pri u šest skupina po šest za šest postupaka: (A) sirova kontrola bez završne obrade; (B) is 21 dan; (C) kuhano laneno ulje s kobaltovim oktoatom (0,05 posto Co); (D) alkidni brodski lak s paketom Co + Mn + Zr (0,04 posto Co, 0,06 posto Mn, 0,20 posto Zr); (E) akrilna disperzija na bazi vode (bez oksidativnog sikativa); i (F) komercijalno ulje s tvrdim voskom (laneno i karnauba, katalizirano kobaltom). Svi postupci koji stvaraju film nanese su u dva sloja s kontroliranih 30 g/m² po sloju i ostavljeni da se stvrdnu do tvrdo e dovoljne za rukovanje.

Budu i da je one iš enje površinski sloj, a uzorak masivni predmet, mjerenje susceptibilno mm dijamagnetskog drveta i potcjenjuje ga. Stoga površinski referiranu susceptibilnost is volumnu susceptibilnost cijelog uzorka magnetometrom s vibriraju im uzorkom (Lake Shore) promjenu. Drugo, vrijednost površinskog sloja dobivenu mjerenjem reza debljine 200 mikrometara, paralelnog s plohom i mikrotomom odvojenog od završno obra ene površine, koji je ponovno montiran i izmjeren Design MPMS3) radi osjetljivosti potrebne tankom rezu. Površinski referirana vrijednost je ona koja je važna, jer je to drvo koje kabel stvarno dodiruje.

Rezultati su nedvosmisleni. Sirova kontrola (A) zadržala je dijamagnetsku osnovu, s $\chi_v = -5.9 \times 10^{-6}$ za cijeli uzorak i -6.1×10^{-6} za površinski rez. Postupci bez sikativa (B, isto tungovo ulje; E, akril) statistički skali -- zanemarimo li permitivnost, ne dodaju paramagnetski metal i ne pomi u stupanj. S oksidativnim stvrdnjavanjem (C, D, F) u inile su površinski rez neto pozitivnim: kuhano la voskom do $+1.9 \times 10^{-6}$, a brodski lak s Co + Mn + Zr najdalje, do $+4.8 \times 10^{-6}$. Referirano na površinski sloj koji kabel dodiruje, svaki katalizirani uzorak prešao je iz dijamagnetskog u paramagnetski i reklasificiran je iz 5N u ispod 4N. VSM vrijednosti cijelog uzorka pomaknule su se u istom smjeru, ali prigušene razrje enjem u ukupnoj masi -- upra laska završnoj obradi, dok je površinski referirano mjerenje osu uje.

4. DUBINSKO PROFILIRANJE: GDJE SE METAL NALAZI

Promjena susceptibilnosti govori da je metal prisutan; ne govori gdje. Za materijal nosa a sprezanje s kabelom naglo opada s udaljenoš u, pa je one iš enje zakopano 2 mm duboko relevantno od iste mase u prvih nekoliko mikrometara. Završno obra ene uzorke profilirali spektrometrijom s radiofrekventnim tinjavim pražnjenjem (GD-OES, Horiba GD-Profilir 2), koja raspršuje površinu približno 2 do 3 mikrometra u sekundi uz pra enje emisije Co, Mn, Zr i Fe, a odabrane uzorke unakrsno sm metodom laserske ablacije ICP-MS.

U svakom uzorku s oksidativnim stvrdnjavanjem katalizatorski metal bio je ograni en na p Emisija kobalta i mangana dostizala je vrh na površini, održavala se kroz film debljine 30 do 70 mikrometara, a zatim padala za više od jednog reda veli ine kroz narednih 20 do 40 mikrometara pri ulasku profila u neprožeto podloge od 7 ppm do približno 100 mikrometara u najgorem slu aju (rijetko kuhano laneno 60 mikrometara kod viskoznijeg laka. Integrirano, više od 90 posto nanesenog paramagnetskog metala nalazilo se u gornjih 100 mikrometara, a ve ina u gornjih 50. Cirkonij je po dubini pratio kobalt i mangan, ali budu neparamagnetski, doprinio je profilu bez doprinosa susceptibilnosti -- korisna interna provjera da magnetski signal prati Co i Mn, a ne ukupni metal.

To je geometrijski najgora mogu a raspodjela za kabelski nosa . Stupanj neutralnosti uter kontaktu s vodi em dijamagnetsko; završna obrada preokre e tu pretpostavku tako što par površinsku kožu od 50 do 100 mikrometara koja ini kontaktni su elje, dok duboka, elektro jednako ista kao i prije. Gotov nosa magnetski je tanak paramagnetski omota oko neutr stranom prema van.

5. TREND SIKATIVA BEZ KOBALTA NE POMAŽE

Kobaltov oktoat pod regulatornim je pritiskom. Kobaltove soli 2-etilheksanske kiseline ha karcinogeni i reproduktivni toksini, a industrija premaza u posljednjem je desetlje u znati pripadaju trima skupinama: kompleksi mangana (esto s bipiridinskim ili aminometilnim lig razinu sli nu kobaltu), kompleksi željeza (željezo sa specijaliziranim ligandima donorima



primarni sikativ za izravnu zamjenu) i sustavi na bazi vanadija. Sva tri promi u se kao si toksi ni katalizator bezopasnim pri istoj brzini sušenja -- neka doista uspijevaju.

Za našu namjenu ne uspijevaju ni u emu. Mangan, željezo i vanadij svi su paramagnetski je stupanj neutralnosti izri to definiran da isklju i. Zamjena kobaltovog oktoata sikativom paramagnetski metal iz površinskog filma -- zamjenjuje jedan paramagnetski metal drugim najstrože kažnjeno one iš enje na skali stupnja. Dodatni skup uzoraka tikovine završno s željezo-bipiridinskim sikativom pri optere enju koje preporu uje proizvo a i izmjerili povr rezultatom kuhanog lanenog ulja s kobaltom i, budu i da je metal željezo umjesto kobalta, primarna os sadržaj željeza. Sikativ mangan-neodekanoat dao je $+2.6 \times 10^{-6}$.

Pouka je da trend bez kobalta optimizira toksikološki cilj koji je ortogonalan magnetskom. Ne postoji, sada ni u dogledno vrijeme, kemija sikativa s oksidativnim stvrdnjavanjem koja stvrdnjava sušivo ulje bez redoks-aktivnog prijelaznog metala, a svaki redoks-aktivan prijelazni metal dovoljno jeftin i rasprostranjen za ulogu sikativa paramag riješiti ovaj problem jer, s njezina stajališta, nema problema koji treba riješiti: magnetski neutralan sikativ bio bi rješenje u potrazi za tržištem koje se trenutno u cijelosti sastoji od nas.

6. RASPRAVA: PREOSTALE MOGU NOSTI

Ako se završne obrade s oksidativnim stvrdnjavanjem isklju e na magnetskoj osnovi, form premaza: sušiva ulja bez sikativa, fizi ki suše i i koalescentni filmovi na bazi vode te pra bez sikativa (postupak B) i akrilna disperzija (postupak E) potvrdili su da ne dodaju paramagnetski metal i zadržavaju stupanj.

Me utim, loše su završne obrade za ovaj konkretni predmet. Ulju bez sikativa na nosa u k što može nositi kabel trebaju tjedni da o vrsne, a trajno ostaje dovoljno mekano da zadrž obi nog rukovanja -- pretvara nosa u pasivni sakuplja upravo one kontaminacije koju stu drvo, ali podiže njegovu površinsku permitivnost i tangens gubitaka znatno iznad gole tik stupanj zabranjuje dielektri nim problemom koji kažnjava i prate a studija.

Drugim rije ima, svaka završna obrada ili dodaje paramagnetski metal (ulja i lakovi s oks tradicionalna klasa), ili pogoršava dielektri nu površinu (filmovi na bazi vode), ili se ne s kontaminaciji tijekom uporabe (ulja bez sikativa). Nijedna ne poboljšava stupnjevanu površinu, a svaka se nanosi nakon što je drvo ve prošlo svaki test koji stupanj zahtijeva. Završna obrada može samo oduzeti od stupnja premaz mu ne može dodati jer se ocjenjuje izostanak ne ega, a premaz je po definiciji do

Time nezavršeni nosa više nije ušteda troška ni estetska strogost, nego jedini izbor dosti skenira, buši za jezgru, razgra uje, analizira i certificira prema brojci paramagnetskih diji katalizirano kobaltom na njezinu radnu plohu zna i potrošiti cijeli taj postupak i poništiti elektromagnetski najaktivnijem mjestu, radi filma za izgled.

7. ZAKLJU AK

Završna obrada ponovno magnetski kontaminira drvo i ini to na površini jer je kemija koj autooksidacija katalizirana metalom, a katalizator je paramagnetski prijelazni metal nane na jednoj podlozi od tikovine 5N, svaka završna obrada s oksidativnim stvrdnjavanjem -- kuhano laneno ulje s kobaltom, broski lak s Co + Mn + Zr i ulje s tvrdim voskom i kobaltom -- pomaknula je površinski referiranu volumnu susceptibilnost s dijamagnetske osnove blizu -6×10^{-6} na neto pozitivne vrijednosti do $+4.8 \times 10^{-6}$, reklasificiraju i stu emu je više od 90 posto nanesenog paramagnetskog metala bilo ograni eno na gornjih 10 s kabelom. Ulja bez sikativa i filmovi na bazi vode ne dodaju metal, ali za ovaj predmet ne zadovoljavaju druge kriterije; trend sikativa bez kobalta zamjenjuje željezo, mangan ili vanadij te uklanja toksin, a ne uklanja nijednu jedinicu paramagnetske kontaminacije.

Zaklju ak je uzak i vrst. Jedina završna obrada koja uva stupanj neutralnosti drveta jest površina oksidira i sijedi starenjem, ali ta patina predstavlja elementarnu oksidaciju uglji je kozmeti ka promjena i magnetski nedoga aj. Equatorial Elevation Blocks stoga se ispor završne obrade -- ne zato što je obrada izostavljena radi uštede jednog koraka, nego zato što bi njezino nanošenje potrošilo cijeli stupanj da bi kupilo sjaj.

LITERATURA

- [1] Soucek, M. D., Khattab, T., Wu, J. (2012). Pregled autooksidacije i sikativa. Progress in Organic Coatings, 73(4), 435-454.
- [2] Erich, S. J. F., Laven, J., Pel, L., Huinink, H. P., Kopinga, K. (2006). Raspodjela metalnih sapuna i kati snimanjem. Progress in Organic Coatings, 55(2), 105-113.



- [3] Micciche, F., van Haveren, J., Oostveen, E., Ming, W., van der Linde, R. (2006). Premazi na bazi ulja i zamjena kobaltnih sikativa kompleksima mangana i željeza. *Applied Catalysis A: General*, 297(2), 174-181.
- [4] van Gorkum, R., Bouwman, E. (2005). Oksidativno sušenje alkidne boje katalizirano metalnim kompleksima. *Coordination Chemistry Reviews*, 249(17-18), 1709-1728.
- [5] Bosque, A., Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2026). Stupnjevanje magnetske neutralnosti konstrukcijsko materijale audio nosa a. *Journal of Equatorial Audio Science*, 7(2), 44-71.
- [6] Solder, L., Bosque, A. (2026). Dubinsko profiliranje površinski referirane paramagnetske kontaminacije tinjavim pražnjenjem. *Journal of Equatorial Audio Science*, 7(3), 88-104.