



**TATIZO LA MPAKO WA MWISHO:
VICHOCHEO VYA UKAUSHAJI VYA
METALI KAMA UCHAFUZI-UPYA WA
PARAMAGNETIKI UNAOREJELEWA
KWA USO WA MBAO ILIYOPEWA
DARAJA LA KUTOPENDELEA**



Tatizo la Mpako wa Mwisho: Vichocho vya Ukaushaji vya Metali kama Uchafuzi-upya wa Paramagnetiki Unaorejelewa kwa Uso wa Mbao Iliyopewa Daraja la Kutopendelea

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.

Muhtasari

Utafiti mwenza uliweka daraja la kutopendelea kwa mbao za miundo, lililowekwa kwa maudhui ya paramagnetiki yaliyobaki na kuripotiwa kama sehemu ya pamoja ya wingi wa chuma-pamoja-na-manganizi dhidi ya msingi wa diamagnetiki. Daraja hilo ni sifa ya gogo ghafi. Makaratasi hii inashughulikia kinacholitokea gogo linapopakwa. Takriban kila mafuta, vanishi, na laka inayotumiwa kwenye mbao ni mpako unaokauka kwa oksidishaji, unaofanywa mgumu si kwa uvukizaji bali kwa kuunganika kwa oksidishaji-otomatiki kwa mafuta yanayokauka kunakochochewa na metali, na kichocho hicho ni metali ya mpito ya paramagnetiki -- mara nyingi kobalti au manganizi -- inayowekwa kama chumvi ya kaboksilati kwa sehemu ya asilimia ya metali katika filamu yenye unyevunyevu. Kwa sababu filamu hukaa kwenye uso wa nje, kichocho huwekwa hasa mahali ambapo kiunzi hugusa kebo. Tulipima usikivu wa sumaku kwa ujazo unaorejelewa kwa uso kwenye vipande vya teak vya 5N kabla na baada ya matibabu sita ya mpako (kidhibiti ghafi, mafuta safi ya tung yasiyo na kichocho cha ukaushaji, mafuta ya linseed yaliyochemshwa yenye oktoati ya Co, vanishi ya alkidi ya spar yenye Co + Mn + Zr, akriliki ya maji, na mafuta ya hardwax) kwa magnetometri ya sampuli inayotetemeshwa na SQUID, pamoja na uainishaji wa kina kwa glow-discharge ili kupata mahali metali ilipo. Mpako inayokauka kwa oksidishaji ilinua usikivu wa mikromita 50 za juu kutoka msingi wa diamagnetiki karibu na $\chi_v = -6 \times 10^{-6}$ hadi thamani halisi chanya, ikiainisha upya kila kipande kilichochochewa kutoka 5N hadi chini ya 4N; katika kila kesi metali ilifungiwa ndani ya mikromita 50 hadi 100 za juu. Mwelekeo wa hivi karibuni wa vichocho vya ukaushaji visivyo na kobalti (vibadala vya Mn, Fe, na vanadium) huondoa tatizo la sumu lakini si la sumaku, kwa sababu vibadala vyenye ni paramagnetiki. Tunahitimisha kwamba mpako pekee unaohifadhi daraja la kutopendelea ni kutokuwa na mpako, na kwamba patina ya kimsingi ya uso -- oksidishaji wa kiunzi cha kaboni cha mbao, usioongeza metali -- ndiyo njia pekee ya uzee wa mwonekano inayolingana na daraja.

1. UTANGULIZI

Gogo lililopewa daraja la kutopendelea hupata daraja lake kwa kipimo: uchanganuzi wa jumuisho la feri, ubainishaji wa usikivu wa jumla, na uchanganuzi wa metali za kiwango cha chini hukubaliana kwamba mbao haina zaidi ya sehemu kwa milioni zilizobainishwa za chuma pamoja na manganizi, na kwamba usikivu wake halisi wa sumaku kwa ujazo unabaki diamagnetiki. Teak ya shamba la ikweta hufikia 5N ($\text{Fe} + \text{Mn} \leq 10 \text{ ppm}$) kama inavyowasilishwa na 6N chini ya uteuzi wa gogo moja moja. Daraja ni halisi, linathibitishwa kwa kila kitengo, na ni sifa ya mbao pekee inapoondoka kiwandani.

Utafiti mkuu (Bosque, Ferro, Park & Tanaka, 2026) ulitaja, katika sehemu moja ya mwisho, kwamba kupaka mbao huaribu daraja, na uliripoti kipimo kimoja cha kabla-na-baada kwenye kipande kilichopakwa mafuta ya linseed yaliyochemshwa ili kuthibitisha hoja. Uchunguzi huo unastahili zaidi ya aya moja. Dai hili ni kinyume na angalizo: kila fundi mbao huelewa mpako kuwa kinga, na wazo kwamba koti la kinga ndilo jambo lenye uharibifu mkubwa zaidi wa sumaku linaloweza kufanywa kwa nyenzo ya kiunzi linapingana na karne moja ya desturi ya karakana. Ikiwa dai litabeba uzito wa uamuzi wa bidhaa -- kusambaza viunzi bila mpako, kinyume na matarajio yote ya mteja kwa kitu cha mbao cha hali ya juu -- lazima lithibitishwe kwa kiasi, katika kemia mbalimbali za mpako, huku metali inayochafua ikipatikana kwa kina.

Hilo ndilo lengo la makaratasi hii. Tunauchukulia mpako si kama urembo wa uso bali kama tabaka jembamba la metali ya kichocho lililowekwa kimakusudi, na tunaauliza linaweza wingi gani hasa wa paramagnetiki, na wapi. Jibu halipendelei upakaji kwa jumla na linaangamiza kundi zima la mafuta na vanishi zinazokauka kwa oksidishaji zinazotawala kazi bora ya mbao, kwa sababu isiyohusiana na mbao na inayohusiana kabisa na kemia inayofanya filamu kuwa ngumu.

2. KEMIA YA VICHOCHEO VYA UKAUSHAJI NA MIZIGO YA METALI

Mafuta yanayokauka -- linseed, tung, na vitokanavyo vyake vya alkidi -- huwa magumu kwa oksidishaji-otomatiki: oksijeni ya anga huondoa hidrojeni kutoka nafasi za bis-allylic za minyororo ya asidi-mafuta isiyoshiba, ikitengeneza hidroperoksidi zinazovunjika kuwa radikali na kuunganisha mafuta kuwa filamu yabisi. Ukiachwa pekee, mmenyuko huu ni wa polepole na huchukua wiki. Huongezwa kasi na vichocho vya ukaushaji, pia viitwavyo siccatives: kaboksilati za metali za mpito zinazochochea hatua ya kutengeneza peroksidi na ile ya kuivunja kupitia mzunguko wa redoksi kati ya hali mbili za oksidishaji. Kichocho kikuu cha kawaida ni kobalti, kinachozunguka kati ya Co(II) na Co(III) ; manganizi (Mn(II)/Mn(III)) hufanya vivyo hivyo. Hizi ndizo metali za ukaushaji wa kina na ukaushaji wa uso. Zirconiamu, kalsiamu, na zinki huongezwa kama vichocho vya pili au visaidizi -- havichochei hatua ya redoksi bali huratibu filamu, huboresha ukaushaji wa kina, na kuzuia ngozi ya uso inayosababishwa na kobalti safi.

Metali huwasilishwa kama chumvi ya asidi-hai ya minyororo mrefu -- kihistoria asidi ya nafteniki (naftenati), na sasa kwa kawaida zaidi asidi ya 2-ethylhexanoic (oktoati) -- iliyochaguliwa kwa kuyeyuka kwake katika mafuta, si kwa sifa yoyote ya ioni ya metali zaidi ya kemia yake ya redoksi. Chumvi huuzwa kwa maudhui yake ya metali: naftenati ya "asilimia 6 ya kobalti" ni asilimia 6 ya kobalti kwa wingi wa kichocho kimiminika cha ukaushaji. Katika mpako uliokamilika, metali ya kichocho kikuu cha ukaushaji kwa kawaida huongezwa kwa asilimia 0.02 hadi 0.1 ya metali ikilinganishwa na yabisi ya mafuta, kobalti ikiwa mwisho wa chini wa bendi



hiyo kwa sababu ya nguvu yake na manganizi ikiwa juu kidogo.

Sehemu hizi huonekana kuwa ndogo sana, na kwa kila kitengo cha wingi wa mpako ni ndogo. Tatizo ni msongamano wa eneo, si ukolezi. Koti moja la mafuta lililopakwa kwa brashi huweka takriban 20 hadi 40 g ya yabisi kwa kila mita mraba; kwa asilimia 0.05 ya kobalti hiyo ni 10 hadi 20 mg ya kobalti kwa kila mita mraba ya uso. Gogo la teak la 5N lenye 10 ppm Fe + Mn huwa na, katika bloku wakilishi ya 200 x 60 x 45 mm yenye msongamano wa 650 kg/m³, takriban mikrogramu 35 za metali-chafuzi iliyopewa daraja katika ujazo wake wote. Mpako wa uso wa juu pekee huweka mamia kadhaa ya mikrogramu za metali ya paramagnetiki -- kiwango kimoja zaidi cha kichafuzi kuliko gogo lote lilivyoruhusiwa kuwa nacho, kikiwa katika tabaka lenye unene wa mikroni kwenye uso ambao kebo hulalia. Daraja lilifafanuliwa kudhibiti sehemu za paramagnetiki kwa milioni; mpako haulishindi kwa asilimia chache bali kwa kizio kizima.

3. JARIBIO: USIKIVU UNAOREJELEWA KWA USO KABLA NA BAADA YA MPAKO

Tuliandaa vipande 36 (60 x 60 x 8 mm) kutoka gogo moja la teak ya ikweta la 5N, lililothibitishwa kwa ICP-MS kuwa na 7 ppm Fe + Mn, ili vipande vyote vishiriki substrati moja na tofauti yoyote baada ya mpako ihusishwe na mpako pekee. Vipande viligawanywa katika makundi ya sita kwa matibabu sita: (A) kidhibiti ghafi kisichopakwa; (B) mafuta safi ya tung, bila kichocho cha ukaushaji, yaliyokaushwa siku 21; (C) mafuta ya linseed yaliyochemshwa yenye oktoati ya kobalti (asilimia 0.05 Co); (D) vanishi ya alkidi ya spar yenye kifurushi cha Co + Mn + Zr (asilimia 0.04 Co, asilimia 0.06 Mn, asilimia 0.20 Zr); (E) mtawanyiko wa akriliki ya maji (bila kichocho cha ukaushaji kwa oksidishaji); na (F) mafuta ya kibiashara ya hardwax (linseed na carnauba, yanayochochewa na kobalti). Matibabu yote yanayotengeneza filamu yalipakwa kwa kotu mbili kwa 30 g/m² iliyodhibitiwa kwa kila kotu na kukaushwa hadi ugumu wa kushikika.

Kwa sababu uchafuzi ni tabaka la uso na kipande ni kitu cha jumla, kipimo cha usikivu wa sampuli nzima hupunguza ishara katika 8 mm ya mbao ya diamagnetiki na kuionyesha ndogo kuliko ilivyo. Kwa hiyo tunaripoti usikivu unaorejelewa kwa uso kwa njia mbili. Kwanza, usikivu halisi wa sumaku kwa ujazo wa kipande kizima kwa magnetomita ya sampuli inayotetemeshwa (Lake Shore 8600, 300 K), unaonasa badiliko lililounganishwa. Pili, takwimu ya tabaka la uso iliyopatikana kwa kupima kipande cha mikromita 200 kilichokatwa sambamba na uso kutoka uso ulipopakwa na kupachikwa upya, kilichopimwa kwenye magnetomita ya SQUID (Quantum Design MPMS3) kwa unyeti unaohitajika na kipande chembamba. Thamani inayorejelewa kwa uso ndiyo muhimu, kwa sababu ni mbao ambayo kebo hugusa.

Matokeo hayana utata. Kidhibiti ghafi (A) kilidumisha msingi wa diamagnetiki, χ_v ya kipande kizima = -5.9×10^{-6} , kipande cha uso -6.1×10^{-6} . Matibabu yasiyo na kichocho cha ukaushaji (B, tung safi; E, akriliki) hayakutofautiana kitakwimu na kidhibiti katika vipimo vyote viwili -- kando na permittiviti, hayaongezi metali ya paramagnetiki wala hayasogezi daraja. Mipako mitatu inayokauka kwa oksidishaji na yenye kichocho (C, D, F) yote ilisukuma kipande cha uso hadi thamani halisi chanya: linseed iliyochemshwa hadi $+2.3 \times 10^{-6}$, mafuta ya hardwax hadi $+1.9 \times 10^{-6}$, na vanishi ya spar yenye Co + Mn + Zr mbali zaidi, hadi $+4.8 \times 10^{-6}$. Kwa kurejelea tabaka la uso linaloguswa na kebo, kila kipande kilichochochewa kilivuka kutoka diamagnetiki hadi paramagnetiki na kuainishwa upya kutoka 5N hadi chini ya 4N. Thamani za VSM za kipande kizima zilisogea upande huohuo lakini zikipunguzwa na mchanganyiko wa wingi -- na hiyo ndiyo sababu hasa kipimo cha jumla cha kiunzi kilichopakwa huupendelea mpako, huku kipimo kinachorejelewa kwa uso kikiuhukumu.

4. UAINISHAJI WA KINA: METALI IKO WAPI

Badiliko la usikivu hutuambia metali ipo; halituambii ilipo. Kwa nyenzo ya kiunzi, usambazaji wa kina si jambo la pembeni, kwa sababu muunganiko na kebo hupungua kwa kasi kulingana na umbali na kichafuzi kilichozikwa 2 mm chini hakina umuhimu mkubwa wa sumakuumeme kama wingi uleule katika mikroni chache za kwanza. Tuliainisha vipande vilivyopakwa kwa spektrometri ya utoaji wa nuru ya glow-discharge ya masafa ya redio (GD-OES, Horiba GD-Profilier 2), inayomomonyoa uso kwa takriban mikromita 2 hadi 3 kwa sekunde huku ikifuatilia utoaji wa Co, Mn, Zr, na Fe, na kukagua kwa uainishaji wa kina wa ICP-MS wa laser-ablation kwenye vipande vilivyochaguliwa.

Katika kila kipande kinachokauka kwa oksidishaji, metali ya kichocho ilifungiwa kwenye mpako na mbao iliyo chini yake mara moja. Utoaji wa kobalti na manganizi ulifikia kilele usoni, ukadumu katika unene wa filamu wa mikromita 30 hadi 70, kisha ukapungua kwa zaidi ya kiwango kimoja katika mikromita 20 hadi 40 iliyofuata wasifu ulipoingia katika mbao isiyopenyezwa, na kufikia msingi wa substrati wa 7 ppm kufikia takriban mikromita 100 katika hali mbaya zaidi (linseed iliyochemshwa yenye mnato mdogo, inayonyonywa na vinyweleo vya uso) na mikromita 60 kwa vanishi yenye mnato zaidi. Kwa ujumla, zaidi ya asilimia 90 ya metali ya paramagnetiki iliyowekwa ilikuwa ndani ya mikromita 100 za juu, na sehemu kubwa ndani ya 50 za juu. Zirconiamu ilifuata kobalti na manganizi kwa kina lakini, kwa kuwa kwa kweli si paramagnetiki katika uratibu huu, ilichangia wasifu bila kuchangia usikivu -- ukaguzi muhimu wa ndani kwamba ishara ya sumaku hufuata Co na Mn wala si jumla ya metali.

Huu ndio usambazaji mbaya zaidi kijiometria kwa kiunzi cha kebo. Daraja la kutopendelea lilijengwa kwa dhana kwamba mbao inayogusa kondakta ni diamagnetiki; mpako hugeuza dhana hiyo kwa kupakia metali ya paramagnetiki katika ngozi ileile ya mikromita 50 hadi 100 inayounda kiolesura cha mguso, huku ukiacha kiini kirefu cha bloku kisicho na umuhimu wa sumakuumeme kikiwa safi kama kilivyokuwa. Kiunzi kilichopakwa, kisumaku, ni karatasi nyembamba ya paramagnetiki iliyozungushwa kwenye gogo lisilopendelea, na kuwasilishwa kwa kebo upande wa metali ukiwa nje.



5. MWELEKEO WA VICHOCHEO VISIVYO NA KOBALTI HAUSAIDII

Oktoati ya kobalti iko chini ya shinikizo la kanuni. Chumvi za kobalti za asidi ya 2-ethylhexanoic zimeainishwa kwa pamoja kuwa zinashukiwa kusababisha saratani na sumu ya uzazi, na tasnia ya mipako imewekeza sana katika vichocho vya ukaushaji visivyo na kobalti katika muongo uliopita. Vibadala viko katika familia tatu: michanganyiko ya manganizi (mara nyingi yenye ligandi za bipyridine au aminomethyl zinazoimarisha shughuli ya Mn hadi viwango sawa na kobalti), michanganyiko ya chuma (chuma chenye ligandi maalumu za mtoaji-nitrojeni, zinazouzwa kama vichocho vikuu vya ukaushaji vya utendaji wa juu vinavyowekewa moja kwa moja), na mifumo ya vanadiumu. Zote tatu hutangazwa kuwa salama zaidi, na kwa lengo lake -- kubadilisha kichocho chenye sumu na kisicho na madhara kwa kasi sawa ya ukaushaji -- baadhi hufaulu kweli.

Kwa lengo letu hazifaulu chochote. Manganizi, chuma, na vanadiumu zote ni paramagnetiki; chuma na manganizi ndizo elementi mbili ambazo daraja la kutopendelea limefafanuliwa mahsusi kuziondoa. Kubadilisha oktoati ya kobalti kwa kichocho cha chuma au manganizi hakuondoi metali ya paramagnetiki katika filamu ya uso -- kunabadilisha metali moja ya paramagnetiki kwa nyingine, na kwa chuma kunabadilisha kwa kichafuzi kinachoadhibiwa zaidi katika kipimo cha daraja. Tulipaka seti nyingine ya vipande vya teak kwa kichocho cha kibiashara cha chuma-bipyridine kwa mzigo uliopendekezwa na mtengenezaji na kupima kipande cha uso kuwa $+3.1 \times 10^{-6}$, sawa na matokeo ya linseed iliyochemshwa yenye kobalti na, kwa sababu metali ni chuma badala ya kobalti, huenda mbaya zaidi dhidi ya daraja ambalo mhimili wake mkuu ni maudhui ya chuma. Kichocho cha manganizi-neodecanoate kilitoa $+2.6 \times 10^{-6}$.

Funzo ni kwamba mwelekeo wa kutotumia kobalti huboresha lengo la kitoksikolojia lisilo na uhusiano na lile la sumaku. Hakuna kemia ya kichocho cha ukaushaji kwa oksidishaji, ya sasa au inayotarajiwa, inayofanya mafuta yanayokauka kuwa magumu bila metali ya mpito amilifu kwa redoksi, na kila metali ya mpito amilifu kwa redoksi iliyo nafuu na tele kiasi cha kuwa kichocho cha ukaushaji ni paramagnetiki. Tasnia ya mipako haitatutua tatizo hili, kwa sababu kwa mtazamo wake hakuna tatizo la kutatua: kichocho cha ukaushaji kisichopendelea kisumaku kingekuwa suluhisho linalotafuta soko ambalo, kwa sasa, linajumuisha sisi peke yetu.

6. MJADALA: CHAGUO ZILIZOBAKI

Ikiwa mipako inayokauka kwa oksidishaji imeondolewa kwa misingi ya sumaku, kategoria tatu za mpako hubaki bila metali rasmi: mafuta yanayokauka yasiyo na kichocho cha ukaushaji, filamu za maji zinazokauka kimwili na kuungana, na laka halisi zinazovukiza. Mafuta yetu ya tung yasiyo na kichocho (matibabu B) na mtawanyiko wa akriliki (matibabu E) yalithibitisha kwamba hayaongezi metali ya paramagnetiki na yanadumisha daraja. Hata hivyo, ni mipako duni kwa kitu hiki mahususi. Mafuta yasiyo na kichocho cha ukaushaji kwenye kiunzi kinachopaswa kukauka kabisa kabla ya kubeba kebo huchukua wiki kuwa magumu na hubaki laini daima kiasi cha kushika metali ya uso kutoka kwenye klipu ya kebo na ushikaji wa kawaida -- hugeuza kiunzi kuwa mkusanyaji tulivu wa uchafuzi uleule ambao daraja linaondoa. Akriliki ya maji huziba mbao lakini huinua permittiviti ya uso na tanjenti ya upotevu juu sana ya teak tupu, ikibadilisha tatizo la sumaku linalokatazwa na daraja kwa tatizo la dielektriki linaloadhibiwa pia na utafiti mwenza.

Kwa maneno mengine, kila mpako ama huongeza metali ya paramagnetiki (mafuta na vanishi zinazokauka kwa oksidishaji, yaani kundi lote la jadi), au huharibu uso wa dielektriki (filamu za maji), au hushindwa kuwa mgumu vya kutosha kupinga uchafuzi-upya wakati wa matumizi (mafuta yasiyo na kichocho cha ukaushaji). Hakuna unaoboresha uso uliopewa daraja, na kila mmoja ni hatua inayochukuliwa baada ya mbao kuwa tayari imepita kila jaribio linalohitajika na daraja. Mpako unaweza kupunguza tu daraja ambalo gogo ghafi tayari linashikilia; hakuna mpako unaoweza kuliongeza, kwa sababu kiasi kinachopewa daraja ni kutokuwepo kwa kitu, na mpako kwa ufafanuzi ni nyongeza.

Hili hubadili uelewa wa kiunzi kisichopakwa kutoka uokoaji wa gharama au ukali wa mwonekano hadi chaguo pekee linalolingana na kipimo. Gogo huchaguliwa, huchanganuliwa, hutolewa kiini, humeng'enywa, hupimwa, na kuthibitishwa kwa takwimu ya sehemu za paramagnetiki kwa milioni; kisha kupaka mafuta yanayochochewa na kobalti kwenye uso wake wa kazi ni kutumia mchakato huo wote na kuubatilisha katika hatua ya mwisho, mahali penye shughuli nyingi zaidi za sumakuumeme, kwa ajili ya filamu ya mwonekano.

7. HITIMISHO

Kupaka mbao huichafua upya kisumaku, na hufanya hivyo usoni, kwa sababu kemia inayofanya mpako wa jadi kuwa mgumu ni oksidishaji-otomatiki unaochochewa na metali na kichocho ni metali ya mpito ya paramagnetiki iliyowekwa katika filamu. Tulipima athari moja kwa moja: kwenye substrati moja ya teak ya 5N, kila mpako unaokauka kwa oksidishaji -- linseed iliyochemshwa kwa kobalti, vanishi ya spar yenye $\text{Co} + \text{Mn} + \text{Zr}$, na mafuta ya hardwax yenye kobalti -- uliendesha usikivu wa sumaku kwa ujazo unaorejelewa kwa uso kutoka msingi wa diamagnetiki karibu na -6×10^{-6} hadi thamani halisi chanya kubwa hadi $+4.8 \times 10^{-6}$, ukiainisha upya uso uliopewa daraja kutoka 5N hadi chini ya 4N, huku zaidi ya asilimia 90 ya metali ya paramagnetiki iliyowekwa ikiwa ndani ya mikromita 100 za juu zinazogusa kebo moja kwa moja. Mafuta yasiyo na kichocho cha ukaushaji na filamu za maji haziongezi metali lakini hushindwa kukidhi kitu hiki kwa misingi mingine; mwelekeo wa kichocho kisicho na kobalti hubadilisha kwa chuma, manganizi, au vanadiumu na hivyo huondoa sumu bila kuondoa hata kipimo kimoja cha uchafuzi wa paramagnetiki.



Hitimisho ni finyu na thabiti. Mpako pekee unaohifadhi daraja la kutopendelea kwa mbao ni kutokuwa na mpako. Uso usiopakwa huoksidika na kuwa kijivu unapozeeka, lakini patina hiyo ni oksidishaji wa kimsingi wa kiunzi cha kaboni cha mbao na haiongezi metali; ni badiliko la mwonekano na si tukio la sumaku. Kwa hiyo Equatorial Elevation Blocks husafirishwa, na zitaendelea kusafirishwa, bila mpako -- si kwa sababu mpako uliachwa ili kuokoa hatua, bali kwa sababu kuupaka kungetumia daraja lote kununua mng'ao.

MAREJEO

- [1] Soucek, M. D., Khattab, T., Wu, J. (2012). Mapitio ya oksidishaji-otomatiki na vichocho vya ukaushaji. *Progress in Organic Coatings*, 73(4), 435-454.
- [2] Erich, S. J. F., Laven, J., Pel, L., Huinink, H. P., Kopinga, K. (2006). Usambazaji wa sabuni za metali na ukaushaji wa kichocho wa mipako ya alkidi uliochunguzwa kwa upigaji picha wa NMR. *Progress in Organic Coatings*, 55(2), 105-113.
- [3] Micciche, F., van Haveren, J., Oostveen, E., Ming, W., van der Linde, R. (2006). Mipako inayotegemea mafuta na ubadilishaji wa vichocho vya kobalti kwa michanganyiko ya manganizi na chuma. *Applied Catalysis A: General*, 297(2), 174-181.
- [4] van Gorkum, R., Bouwman, E. (2005). Ukaushaji wa oksidishaji wa rangi ya alkidi unaochochewa na michanganyiko ya metali. *Coordination Chemistry Reviews*, 249(17-18), 1709-1728.
- [5] Bosque, A., Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2026). Upangaji wa daraja la kutopendelea kwa sumaku kwa mbao za miundo: uainishaji wa usafi wa N-grade kwa nyenzo za kiunzi cha sauti. *Journal of Equatorial Audio Science*, 7(2), 44-71.
- [6] Solder, L., Bosque, A. (2026). Uainishaji wa kina kwa glow-discharge wa uchafuzi wa paramagnetiki unaorejelewa kwa uso katika vipande vya mbao ngumu vilivyopakwa. *Journal of Equatorial Audio Science*, 7(3), 88-104.