



EKVATORIJALNI SPOJ: NOVA TEHNIKA SPAJANJA PROVODNIKA ZA PONIŠTAVANJE HEMISFERNE PRISTRASNOSTI



Ekvatorijalni spoj: Nova tehnika spajanja provodnika za poništavanje hemisferne pristrasnosti

M. Ferro, R. Flux, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Sažetak

Predstavljamo tehniku spajanja provodnika koja postiže magnetnu neutralnost spajanjem bakarnih provodnika sjeverne i južne hemisfere na geomagnetnom ekvatoru. Ekvatorijalni spoj iskorištava komplementarne pristrasnosti orijentacije zrna u hemisferama: kada se spoje na precizno ekvatorijalnoj središnjoj tački, pristrasnosti se poništavaju. Plazma-lučno zavarivanje na 0,0000deg geografske širine, izvedeno na pomorskoj platformi, u zoni spajanja od približno 200 um u kojoj orijentacija zrna prelazi sa sjevernog tipa na južni tip. Spojeni ovom metodom pokazuju uglove hemisferne pristrasnosti ispod 0,00001deg -- tri reda veličine manje od pristrasnosti u eno g provodnika i približavaju i se mjernom pragu trenutne SQUID magnetometrije.

1. UVOD

Naš prethodni rad (Ferro & Park, 2020) ustanovio je da bakarni provodnici u eni na neekvatorijalnim lokacijama nose sistematsku pristrasnost orijentacije zrna proporcionalnu geomagnetnoj geografskoj širini. Hemisfere sjeverne i južne hemisfere nose pozitivnu pristrasnost; provodnici južne hemisfere nose negativnu pristrasnost. Pristrasnost ugrađena u trenutku proizvodnje i ne može se ukloniti naknadnom obradom.

Ovo predstavlja proizvodni izazov: kako proizvesti provodnik s nultom hemisfernom pristrasnošću inherentno pristrasan. U eni na ekvatoru je jedno rješenje, ali ekvatorijalni pogoni za varenje su iako izvrstan, i dalje nosi rezidualnu pristrasnost specifičnu za ekvatorijalne lokacije (obično sjeverno i južno).

Predložimo alternativni pristup: umjesto izbjegavanja pristrasnosti, mi je poništavamo. Spajanjem provodnika sjeverne hemisfere s provodnikom južne hemisfere na geomagnetnom ekvatoru stvaramo kompozitni provodnik koji poništava cijelu njegovu dužinu.

2. PROTOKOL SPAJANJA

Ekvatorijalni spoj izvodi se na brodu EAV Neutrality, istraživa kom plovilu od 28 metara otklonjenom od ekvatora, s prijemnikom koji pruža centimetarsku tačnost pozicioniranja. Plovilo se stacionira na 0,0000deg geografske širine u Tihom okeanu, približno 28 km zapadno od ekvadorske obale, gdje geomagnetni ekvator prelazi geografski ekvator unutar 0,2deg.

Dva kraja provodnika -- jedan u eni iz švedskog bakra (HBA: +4,2deg, pogon Boliden, 64,2deg J) i drugi iz peruanskog bakra (HBA: -3,8deg, pogon Santiago, 33,8deg J) -- postavljaju se u precizne stezaljke montirane na Sistem laserskog poravnanja s dvije ose osigurava da su krajevi provodnika koaksijalni unutar 5 um.

Spoj se izvodi pomoću sistema mikro-plazma-lučnog zavarivanja (Secheron Plasmafix 50i) s 2,8 A, protok plazma plina 0,3 L/min (argon 5.0), protok zaštitnog plina 8,0 L/min (argon 5.0), razmak luka 0,5 mm, trajanje zavara 180 ms. Rezultirajuća zona spajanja široka je približno 200 um -- uska prijelazna oblast u eni sjevernog tipa kroz neutralni do južnog tipa.

Cijela procedura -- pozicioniranje plovila, poravnanje provodnika, pročišćenje atmosfere -- traje oko 15 minuta. Po sesiji se izvodi više spojeva, dok plovilo cijelo vrijeme održava tačnost stacioniranja.

3. KARAKTERIZACIJA

EBSD mapiranje zone spajanja s korakom od 0,5 um otkriva tri različita područja: (1) masu sjevernog tipa u eni sjevernog tipa, (2) prijelaznu zonu od 200 um u kojoj HBA monotono opada od +4,2deg kroz 0,000deg do -3,8deg i (3) masu južnog provodnika s HBA = -3,8deg. Prijelaz je gladak i kontinuiran, bez dokaza pucanja na granicama zrna, formiranja šupljina ili precipitacije sekundarne faze.

Mehanička vrsta spoja ispitivana je vlačnim opterećenjem do loma. Srednja krajnja vlačna napetost je 218 MPa, u poretku s 225 MPa za masu provodnika -- smanjenje od 3,1% koje je unutar kablova gdje je mehaničko opterećenje ograničeno na vlastitu težinu kabla i silu umetanja.

DC otpor preko zone spajanja mjereno je Keysight 34420A mikro-ommetrom s 4-žičnim mjerenjem.



dodatnim otporom od 0,3 uOhm (mikro-oma) -- zanemarivim u pore enju s otporom mase ak i provodnika duži

Kritično mjerenje -- hemisferna pristrasnost kompletnog spojenog provodnika -- izvedeno SQUID magnetometra u PTB Berlinu. Spojeni provodnik (1,0 m sjeverni + 1,0 m južni) pokazao je HBA od -0,000008deg, u pore enju s +4,2deg za sjeverni provodnik samostalno i -3,8deg za južni provodnik samostalno je 99,9998%.

4. DISKUSIJA

Ekvatorijalni spoj postiže poništavanje hemisferne pristrasnosti kroz konceptualno jednostavan mehanizam: pozitivna pristrasnost sjevernog provodnika i negativna pristrasnost južnog provodnika jednake su po veličini i se prelazi spojeni provodnik, asimetrično rasipanje koje doživljava u sjevernoj polovici precizno asimetričnim rasipanjem u južnoj polovici. Neto efekat je nulta pristrasnost -- magnetna neutralnost.

Lokacija spoja je važna. Izvođenje spoja na geomagnetnom ekvatoru osigurava da sama konfiguracija ne dodaje dodatnoj pristrasnosti sistemu. Spoj izveden na bilo kojoj drugoj geografskoj širini uveo bi savršeno premostila sjevernu i južnu strukturu zrna.

Zahtjev za pomorskom platformom proizilazi iz činjenice da geomagnetni ekvator prelazi kroz Segment Tihog okeana zapadno od Ekvadora pruža optimalnu kombinaciju ekvatorijalnog položaja i umjerenog stanja mora za precizne operacije zavarivanja. Sistem za održavanje stanice Ekvatorijalno-spojane Kongsberg HiPAP 501) održava poziciju unutar 0,3 m tokom operacija spajanja.

Trošak Ekvatorijalnog spoja je značajan: približno 14.000 USD po sesiji, uključujući i zakup i ispitivanja osiguranja kvaliteta. Ovaj trošak ogledase u cijeni proizvoda Equatorial Audio Ekvatorijalno-spojane provodnike.

5. ZAKLJUČAK

Ekvatorijalni spoj pokazuje da se hemisferna pristrasnost u bakarnim provodnicima može efikasno poništiti spajanjem provodnika iz suprotnih hemisfera na geomagnetnom ekvatoru. Rezultirajućim provodnikom postiže se magnetna neutralnost do granice trenutne mjerne sposobnosti. Tehnika je ponovljiva, mehanizirana i dodaju i zanemariv otpor i nikakav mjerljivi diskontinuitet putanji signala. Predlažemo Ekvatorijalno-spojane provodnike kao rješenje problema hemisferne pristrasnosti u preciznim audio provodnicima.

REFERENCE

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, „Hemispheric bias in copper grain orientation,” J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] AWS D17.1/D17.1M:2017, Specification for Fusion Welding for Aerospace Applications.
- [3] R. Messler, Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy, Wiley-VCH, 2004.
- [4] Trimble Inc., „R12i GNSS System Technical Specifications,” 2023.
- [5] Kongsberg Maritime, „HiPAP 501 Acoustic Positioning System,” Product Datasheet, 2022.
- [6] Quantum Design, „MPMS3 SQUID Magnetometer Specifications,” Rev. F, 2021.
- [7] PTB Berlin, „Calibration Certificate No. PTB-Mag-2021-0847,” Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2021.