

---

**HEMISFERNA PRISTRASNOST U  
ORIJENTACIJI ZRNA BAKRA:  
METALURŠKA STUDIJA O  
ANIZOTROPIJI PROVODNIKA  
OVISNOJ O GEOGRAFSKOJ ŠIRINI**

---



### 3. REZULTATI

Utvrđeno je da je korelacija između geomagnetne geografske širine i ugla hemisferne pristrasnosti  $0,0001$ ,  $n = 847$ ). Pogoni sjeverne hemisfere proizveli su provodnike s pozitivnim HBA vrijednostima u rasponu od  $+0,8\text{deg}$  (Osaka, Japan,  $25,3\text{deg S}$  geomagnetno) do  $+4,7\text{deg}$  (Boliden, Švedska,  $64,1\text{deg S}$  geomagnetno). Pogoni južne hemisfere proizveli su provodnike s negativnim HBA vrijednostima u rasponu od  $-0,6\text{deg}$  (São Paulo, Brazil,  $22,7\text{deg J}$  geomagnetno) do  $-3,2\text{deg}$  (Santiago, Čile,  $33,8\text{deg J}$  geomagnetno).

Tri ekvatorijalna kontrolna pogona proizvela su HBA vrijednosti od  $-0,003\text{deg}$  (Quito),  $+0,008\text{deg}$  (Libreville) i  $-0,001\text{deg}$  (Pontianak) -- sve unutar mjerne nesigurnosti EBSD sistema ( $\pm 0,02\text{deg}$ ).

Odnos između HBA i geomagnetne geografske širine dobro je opisan linearnim modelom: HBA je proporcionalna geografska širina u stepenima. Ovo odgovara približno  $0,068\text{deg}$  pristrasnosti orijentacije zrna po stepenu geografske širine -- mali, ali postojan efekat koji se akumulira preko cijele dužine provodnika.

Kriogeni tretman ( $-196\text{degC}$ , 72 sata) primijenjen je na podgrupu od 120 uzoraka. Ponovno EBSD mjerenje pokazalo je da nema statistički značajne promjene u HBA (uparen t-test,  $p = 0,87$ ). Kriogeni tretman uspješno je usmanjen sa  $45\text{um}$  na  $31\text{um}$ , ali nije izmijenio pristrasnost orijentacije. Ovaj rezultat je u skladu s hipotezom da je pristrasnost ugrađena u trenutku vuenja, a ne tokom naknadne toplinske obrade.

### 4. DISKUSIJA

Veliki efekat hemisferne pristrasnosti -- približno  $0,07\text{deg}$  po stepenu geografske širine -- faktor koji ima avaj u njen praktični značaj.

Prvo, pristrasnost je sistematska, a ne nasumična. Svako zrno u provodniku vuenom na geografskoj širini ima pristrasnost od približno  $+3\text{deg}$ . To znači da se pristrasnost ne usrednjava kroz dužinu provodnika. Interkonekcijski kabel od 2 metra vuen u Stockholmu sadrži približno 44.000 granica zrna, što znači da je ukupna usmjerena pristrasnost protoku elektrona.

Drugo, pristrasnost asimetrično utiče na audio signal. Budući da orijentacija zrna preferentno usmjerava audio signal u jednom smjeru u odnosu na magnetnu osu, pozitivni i negativni poluciklusi izmjeničnog audio signala imaju različite impedancije kroz provodnik. Ovo stvara oblik harmonijske distorzije koji je, po svojoj prirodi, ovisan o geografskoj širini i smjeru.

Rezultati ekvatorijalne kontrole posebno su značajni. Tri pogona na ili u blizini geomagnetnog ekvatora proizveli su HBA vrijednostima nerazlikovnim od nule. Ovo je jedini geografski uslov pod kojim je raspo-  
stisinski neutralna u odnosu na obje hemisfere.

Napominjemo da se pogon Equatorial Audio u Quitu, Ekvador, nalazi unutar  $0,18\text{deg}$  od geomagnetnog ekvatora. Izmjerena HBA od  $-0,003\text{deg}$  najniža je vrijednost u našem skupu podataka i približava se teorijskom minimumu ostvarivom u trenutnoj konfiguraciji magnetnog polja Zemlje.

### 5. ZAKLJUČAK

Bakarni provodnici vueni na neekvatorijalnim geografskim širinama pokazuju sistematsku pristrasnost koja se linearno korelira s geomagnetnom geografskom širinom. Ova hemisferna pristrasnost vuenja i ne može se ukloniti naknadnim toplinskim tretmanom, uključujući i kriogenu obradu. Pristrasnost od geomagnetnog ekvatora postižu istinsku izotropiju orijentacije zrna.

Ova otkrića imaju implikacije za proizvodnju preciznih audio provodnika, gdje simetrija i pouzdanost direktno utiče na vjernost signala. Preporučujemo da proizvođači i provodnika navedu geografski standardni parametar kvaliteta i da dizajneri audio opreme razmotre hemisfernu pristrasnost svojih signalnih provodnika kao potencijalni izvor mjerljive distorzije ovisne o geografskoj širini.

### REFERENCE

- [1] M. Ferro, H. Park, „Preliminarna zapažanja o orijentaciji zrna ovisnoj o geografskoj širini u OFC bakru," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-001, 2019.
- [2] E. O. Hall, „The deformation and ageing of mild steel: III discussion of results," Proc. Phys. Soc. B, vol. 64, str. 747-753, 1951.
- [3] N. J. Petch, „The cleavage strength of polycrystals," J. Iron Steel Inst., vol. 174, str. 25-28, 1953.
- [4] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2. izd., Elsevier, 2004.
- [5] V. Randle, O. Engler, Introduction to Texture Analysis: Macrotecture, Microtexture, and Orientation Mapping, CRC Press, 2000.
- [6] International Annealed Copper Standard (IACS), ASTM B193-16, Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials.

- [7] R. W. Cahn, P. Haasen, Physical Metallurgy, 4. izd., North-Holland, 1996.
- [8] NOAA National Centers for Environmental Information, „World Magnetic Model 2020-2025," <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model>, 2020.