चालक क्रिस्टलोग्राफ़ी पर क्रायोजेनिक उपचार प्रभाव: पूर्वाग्रह सुधार के बिना ग्रेन परिष्करण

CONFIDENTIAL

चालक क्रिस्टलोग्राफ़ी पर क्रायोजेनिक उपचार प्रभाव: पूर्वाग्रह सुधार के बिना ग्रेन परिष्करण

L. Solder, H. Park, M. Ferro
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

सारांश
तांबे के चालकों का -196degC पर क्रायोजेनिक उपचार (72 घंटे तरल नाइट्रोजन विसर्जन) उच्च-गुणवत्ता ऑडियो केबल निर्माण में चालक प्रदर्शन सुधार की एक विधि के रूप में व्यापक रूप से प्रचलित है। यह अध्ययन EBSD, TEM, और चार-जांच प्रतिरोधकता माप का उपयोग करके OFC तांबे पर क्रायोजेनिक उपचार के धातुकर्मीय प्रभावों की विशेषता बताता है। हम पुष्टि करते हैं कि क्रायोजेनिक उपचार सार्थक ग्रेन परिष्करण (माध्य ग्रेन व्यास में 31% की कमी), अवशिष्ट तनाव राहत, और अवशिष्ट प्रतिरोध अनुपात (RRR) में 2.3% मापने योग्य सुधार उत्पन्न करता है। हालांकि, हम कोई प्रमाण नहीं पाते कि क्रायोजेनिक उपचार उपचारित चालक के गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण (HBA) को बदलता है। ड्रॉइंग के दौरान अंतर्निहित ग्रेन अभिविन्यास पूर्वाग्रह क्रायोजेनिक तापमान पर ऊष्मागतिकीय रूप से स्थिर है। क्रायोजेनिक उपचार चालक को सुधारता है; यह इसे तटस्थ नहीं करता।

1. परिचय

क्रायोजेनिक उपचार -- किसी सामग्री को -100degC से नीचे तापमान तक नियंत्रित ठंडा करना -- का धातुकर्म में एक सुप्रलेखित इतिहास है। टूल स्टीलों में, क्रायोजेनिक उपचार अवशिष्ट ऑस्टेनाइट के मार्टेंसाइट में परिवर्तन को बढ़ावा देता है और सूक्ष्म एटा-कार्बाइड अवक्षेपित करता है। तांबे में, तंत्र भिन्न हैं: कोई चरण परिवर्तन नहीं होता, लेकिन तापीय चक्रण विभेदी संकुचन प्रेरित करता है जो अवशिष्ट तनाव को राहत देता है और ग्रेन सीमा नेटवर्क को परिष्कृत करता है।

ऑडियो केबल उद्योग ने क्रायोजेनिक उपचार को उत्साहपूर्वक अपनाया है। दावा किए गए लाभों में ग्रेन सीमा प्रकीर्णन में कमी, बेहतर सिग्नल पारदर्शिता, और बढ़ी हुई टेम्पोरल कोहेरेंस शामिल हैं।

यह पत्र एक विशिष्ट प्रश्न को संबोधित करता है: क्या क्रायोजेनिक उपचार तांबे के चालक के गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण (HBA) को बदलता है? यदि क्रायो-उपचार HBA को समाप्त या कम कर सकता, तो यह चुंबकीय तटस्थता के लिए एक पश्च-प्रसंस्करण मार्ग प्रदान करता जिसके लिए भूमध्यरेखीय विनिर्माण की आवश्यकता नहीं होती। हमारे परिणाम संकेत करते हैं कि यह नहीं कर सकता।

2. कार्यप्रणाली

OFC तांबे के चालक (2.0 मिमी व्यास, बोलिडेन, स्वीडन में खींचा गया, HBA: +4.2deg) के नमूनों को प्रत्येक 30 नमूनों के चार उपचार समूहों में विभाजित किया गया:

समूह A: अनुपचारित नियंत्रण।
समूह B: मानक क्रायो (-196degC, 72 घंटे, 1degC/min शीतलन, 0.5degC/min तापन)।
समूह C: विस्तारित क्रायो (-196degC, 168 घंटे, समान रैंप दरें)।
समूह D: दोहरा क्रायो (समूह B प्रोटोकॉल के दो चक्र, चक्रों के बीच 24 घंटे परिवेश विश्राम)।

सभी समूहों को EBSD (ग्रेन अभिविन्यास और आकार), TEM (विस्थापन घनत्व), 295 K और 4.2 K पर चार-जांच DC प्रतिरोधकता (RRR गणना के लिए), और SQUID मैग्नेटोमेट्री (HBA) द्वारा अभिलक्षित किया गया।

3. परिणाम

सभी उपचारित समूहों में ग्रेन परिष्करण देखा गया। माध्य ग्रेन व्यास 45 +/- 8 um (समूह A) से घटकर 31 +/- 5 um (समूह B), 28 +/- 4 um (समूह C), और 30 +/- 5 um (समूह D) हो गया।

TEM इमेजिंग ने क्रायोजेनिक उपचार के बाद विस्थापन घनत्व में मापने योग्य कमी प्रकट की। समूह A ने 1.2 × 10
समूह B ने 0.8 × 10

RRR 89.3 (समूह A) से 91.4 (समूह B), 92.1 (समूह C), और 91.6 (समूह D) तक सुधरा।

महत्वपूर्ण परिणाम: क्रायोजेनिक उपचार से HBA अपरिवर्तित रहा। समूह A: +4.21 +/- 0.02deg। समूह B: +4.19 +/- 0.02deg। समूह C: +4.20 +/- 0.02deg। समूह D: +4.22 +/- 0.02deg। कोई अंतर-समूह अंतर सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नहीं था (एकतरफ़ा ANOVA, $F(3,116) = 0.87$, $p = 0.46$)।

4. चर्चा

क्रायोजेनिक उपचार के माध्यम से गोलार्धीय पूर्वाग्रह की स्थायिता ऊष्मागतिकीय विश्लेषण के अनुरूप है। ग्रेन अभिविन्यास पूर्वाग्रह एक स्थूल बनावट है। इस बनावट को बदलने के लिए पुनर्क्रिस्टलीकरण की आवश्यकता होगी। तांबे में पुनर्क्रिस्टलीकरण के लिए लगभग 200degC से ऊपर तापमान की आवश्यकता होती है -- क्रायोजेनिक उपचार सीमा से बहुत ऊपर।

-196degC पर, तांबे में परमाण्विक गतिशीलता नगण्य है। ग्रेन सीमाएं यथास्थान जमी हुई हैं। सरल शब्दों में: क्रायोजेनिक उपचार चालक की सूक्ष्मसंरचना को अधिक पूरी तरह से जमा देता है, लेकिन उसी अभिविन्यास में जो उसके पास पहले से था।

इस खोज का ऑडियो केबल उद्योग के लिए महत्वपूर्ण निहितार्थ है। क्रायोजेनिक उपचार वास्तविक धातुकर्मीय लाभ प्रदान करता है, लेकिन यह गोलार्धीय पूर्वाग्रह समस्या का समाधान नहीं कर सकता। केवल भूमध्यरेखीय विनिर्माण या इक्वेटोरियल स्प्लाइस ही सच्ची चुंबकीय तटस्थता प्राप्त कर सकते हैं।

5. निष्कर्ष

तांबे के चालकों का क्रायोजेनिक उपचार ग्रेन परिष्करण, विस्थापन घनत्व में कमी, और RRR सुधार उत्पन्न करता है, लेकिन गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण को नहीं बदलता। ड्रॉइंग के दौरान अंतर्निहित ग्रेन अभिविन्यास बनावट क्रायोजेनिक तापमान पर ऊष्मागतिकीय रूप से स्थिर है। निर्माताओं और उपभोक्ताओं को समझना चाहिए कि क्रायोजेनिक उपचार और चुंबकीय तटस्थता चालक गुणवत्ता के विभिन्न पहलुओं को संबोधित करते हैं और पूरक प्रक्रियाएं हैं, विनिमेय नहीं।

संदर्भ

[1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[2] A. Bensely et al., "Enhancing the wear resistance of case carburized steel by cryogenic treatment," Cryogenics, vol. 45, no. 12, pp. 747-754, 2005.

[3] P. Baldissera, C. Delprete, "Deep cryogenic treatment: A bibliographic review," Open Mech. Eng. J., vol. 2, pp. 1-11, 2008.

[4] D. Darwin, M. N. Buddhi, "Cryogenic treatment of copper: A review," Mater. Today Proc., vol. 5, no. 11, pp. 25425-25430, 2018.

[5] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.

CONFIDENTIAL