تصنيف الحياد المغناطيسي N للخشب الإنشائي: سلم نقاء لمواد دعم الصوت، مع توصيف الشوائب المسايرة مغناطيسياً في ساج خط الاستواء

لمواد دعم الصوت، مع N تصنيف الحياد المغناطيسي للخشب الإنشائي: سلم نقاء توصيف الشوائب المسايرة مغناطيسياً في ساج خط الاستواء

A. Bosque, M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

ملخّص

تُحدّد موصلات الصوت عادةً بدرجات نقاء معدنية -- 4N (99.99%) و6N (99.9999%) وما بعدها -- بينما تُحدّد المواد الإنشائية التي تدعم تلك الموصلات وترفعها وتنهيها، إن خُيِّدت أصلاً، بمظهرها. هذا تفاوت بلا مبرر؛ فمادة الدعم الملامسة باستمرار لكابل إشارة تشارك في بيئة المجال الكهرومغناطيسي القريب للكابل، ولذلك تكون خصائصها المغناطيسية والعازلة للمعادن، لا صفات زخرفية. نقترح تصنيف نقاء للخشب الإنشائي يماثل سلم N مدخلات قابلة للقياس في المنظومة، لكنه يُعرّف بالكمية المهمة في مادة غير موصلة: المحتوى المتبقي المساير مغناطيسياً. تُحدّد درجة الخشب من قابليته المغناطيسية الحجمية، أو بصورة مكافئة من الكسر الكتلي المجموع للشائبتين المسايرتين السائدتين في الساج الاستوائي، Fe وMn، المقاس بمطيافية كتلة البلازما المقترنة حثياً بعد الهضم الحمضي بالموجات الدقيقة. نوصّف 11 نوعاً مرشحاً ونبيّن أن معظم الأخشاب الصلبة المستخدمة في الأثاث -- ولا سيما البلوط الأبيض، عند 41 إلى 190 ppm من Fe -- تقع دون حياد 4N، بينما يبلغ ساج المزارع (Tectona grandis) المزروع ضمن درجة 5 deg من خط الاستواء الجيومغناطيسي حياد مغناطيسي 5N (عند التوريد، Fe + Mn <= 10 ppm، 99.999%) عند اختيار كتلة خام منفردة. نعرض أجهزة القياس وحدود الدرجات والنتائج العازلة لاتجاه 6N الأليافي ومحتوى الرطوبة، وإعادة تصنيف الخشب المحايد إلى «مُخترَق مغناطيسياً» بعد وضع أي تشطيب محفّز بمعدن.

1. مقدمة

ينتظم سوق موصلات الأوديوفايل حول النقاء. يُباع النحاس الخالي من الأكسجين بمراتب 4N (99.99%) و5N و6N، وحتى 7N أو عند حدود ما يمكن للتنقية الإلكتروليتية تقديمه. يُفهم كل رقم 9 إضافي على أنه إزالة لموقع تشتت شائبة عند حد حبيبي أو تضمين مساير مغناطيسياً. أما صمود الفائدة المسموعة للرقم 9 الأخير أمام اختبار استماع مضبوط فهو سؤال منفصل تعالجه ورقة أخرى في هذه الدورية؛ المهم هنا أن الصناعة تمتلك مفردات صارمة وكمية ومفهومة عالمياً لنقاء الموصل.

ولا تمتلك مفردات مماثلة لأي شيء آخر. يُصنّف الكابل إلى سبعة أرقام 9 ثم يوضع على أرضية، أو يُثبّت داخل جدار، أو يُسند إلى دعامة مجهولة التركيب تماماً. تُختار الدعامة بحسب لونها. هذا هو موقع الخشب في نظام صوتي: يحمل حملاً إنشائياً، ويلامس موصل الإشارة باستمرار، ولا يظهر في القياس.

نرى هذا غير قابل للدفاع. مادة الدعم الملامسة للكابل جزء من بيئته العازلة والمغناطيسية المباشرة. إن حملت امتصته الشجرة من التربة Fe تضمينات فيرومغناطيسية -- شظية برادة منشار شريطي، أو مشبكاً مكسوراً، أو وربطته في خشب القلب -- فهي تقدم انقطاعاً محلياً في النفاذية على طول المسار. وإن كانت استرطابية وقطبية فهي تقدم سعة موزعة تعتمد على الرطوبة. هذه هي الكميات نفسها التي وُجدت درجة نقاء الموصل لضبطها. من غير المتسق تحديد إحداها إلى ستة أرقام 9 وترك الأخرى لصانع الأثاث.

تقترح هذه الورقة تصنيف N للخشب الإنشائي، لا على أساس النقاء الكيميائي بمعناه الحجمي -- فالخشب نحو 99.999%« خشباً بنسبة »بأي معنى مفيد -- بل على أساس الخاصية الوحيدة التي تقرن نصفه كربون ولن يكون الخشب مساير مغناطيسياً، والقابلية المغناطيسية الحجمية التي يولدها محتواه المتبقي: الخشب بمسار إشارة صوتية. ذلك المحتوى.

2. درجة الحياد وسلم N

الخشب الجاف ديامغناطيسي. يحمل السليلوز واللجنين والماء المرتبط قابلية مغناطيسية حجمية سالبة صغيرة، بما يقابل chi_v = -6 x 10^-6 (SI، قابلية حجمية بلا أبعاد) ويقع الخشب النظيف الخالي من التلوث قرب mu_r = 0.999994 -- قيمة لا يمكن تمييزها عن الواحد، بل أدنى منه بقليل. لذلك لا يكون الخشب المحايد تماماً غير مغناطيسي فحسب؛ بل يكون ديامغناطيسياً بضعف وبصورة قابلة للتكرار، وهي الحالة الصحيحة والمرغوبة لمادة يُطلب منها أن تشغل مجالاً ثابتاً وشبه ثابت من دون اضطرابه.

تكاد الانحرافات عن هذا الأساس تنشأ كلها من شوائب المعادن الانتقالية المسايرة مغناطيسياً، وفي مقدمتها Fe ثم Mn. الشجرة مضخة معادن؛ تسحب أيونات معدنية من ماء التربة وترسبها بغير انتظام في أنسجتها بفارق كبير. يتراوح محتوى Fe في الأنواع ذات كيمياء العفص التي تزرع في خشب مزرعة نظيف إلى مئات ppm الناتج من بضعة ppm زيادة موجبة صغيرة إلى القابلية، فتسحب الخشب من أرضيته Fe من ppm بنشاط. تضيف كل Fe تخلّب الديامغناطيسية نحو الحياد المغناطيسي، وتتجاوزه في أسوأ الأنواع.

لذلك نعرّف درجة حياد الخشب على الكسر الكتلي المجموع Fe + Mn، وبصورة مكافئة على الانحراف المقاس للقابلية الحجمية عن الأساس الديامغناطيسي:

- 4N (حياد 99.99%): Fe + Mn <= 100 ppm. نموذجي للخشب الصلب غير المنتقى المستخدم في الأثاث.
- 5N (حياد 99.999%): Fe + Mn <= 10 ppm، القابلية المتبقية ضمن +/- 1 x 10^-6 ؛ مواصفة من الأساس الديامغناطيسي.

توريد Equatorial Audio.
- 6N (99.9999حياد%): Fe + Mn <= 1 ppmقابلة. تظل القابلية الصافية ديامغناطيسية ضمن عدم يقين القياس؛ للتحقيق باختيار كتلة خام منفردة.
- 7N: Fe + Mn <= 0.1 ppm. ليست درجة إنتاج مفحوصة. سُجلت هنا في كتلتين من أصل 340 كتلة ساج.

نقر بأن النسب استعارة بلاغية من عرف المعادن لا رقماً للتركيب الحجمي؛ فعبارة »محايد بنسبة 99.999%« تعني 10 ppm لا، من مادة غير خشبية. نحتفظ بالترميز لأنه الترميز الذي يفكر به القارئ أصلاً من الشائبة المهمة، ولأن الكمية الأساسية -- الأجزاء في المليون المسايرة مغناطيسياً -- تُقاس بالطريقة نفسها التي يقيس بها مصنّعو النحاس شوائب الكاثود.

3. الأجهزة والمنهج

يتطلب تصنيف كتلة خام ثلاثة قياسات مغناطيسية وكيميائية مستقلة -- مسح تضمينات فيرومغناطيسية، وتحديد القابلية الحجمية، وتحليل المعادن النزرة -- إضافة إلى توصيف عازل لنمذجة التركيب.

مسح التضمينات الفيرومغناطيسية. تمر كل كتلة عبر مصفوفة مقياس تدرج بوابة تدفق (Bartington Grad-13، ثلاثي المحاور، دقة 1 nT) 20 على سرير آلي بسرعة mm/s. المنفصلة -- يحل المقياس التضمينات الفيرومغناطيسية، وهي ملوثات مألوفة في كل خشب مر بآلات صناعية -- حتى شظايا دون مسامير مدفونة، وطلقات، وبرادة منشار شريطي. يفشل الخشب المستصلح والمعاد استخدامه هذا المسح بصورة روتينية؛ وهذا السبب mm. المليمتر على عمق 30 من خشب مزارع في مروره الأول، لا من خشب مستصلح مهما كانت رومانسية Equatorial Elevation Blocks الرئيس لصنع أصله.

من كل كتلة مقبولة وتقاس في مقياس مغناطيسية بالعينة المهتزة mm القابلية الحجمية. تُستخرج نواة 12 (Lake Shore 8600، حساسية 5 x 10^-8 emu) عند 300 K. يعيد VSM القابلية الحجمية الصافية، ومنها تُقرأ مباشرة عتبة الدرجة المغناطيسية. نواة الساج النظيف سالبة؛ ونواة البلوط موجبة كثيراً.

تحليل المعادن النزرة. تُطحن النواة المقاسة بالتجميد، ثم تُهضم بالموجات الدقيقة في حمض النتريك وحمض الهيدروفلوريك، وتُحلل بمطيافية كتلة البلازما المقترنة حثياً (ICP-MS) للكشف عن Fe وMn وNi وCo وCr. هذا هو بروتوكول الكيمياء الشجرية نفسه المستخدم لإعادة بناء تاريخ التلوث من حلقات النمو، مطبقاً لغرض نقر بأن المعيار الكيميائي للدرجة؛ ويجب أن يتفق المعياران المغناطيسي Fe + Mn مبتكريه لم يتوقعوه. يحدد رقم والكيميائي ضمن نطاق الدرجة، وإلا رُفضت الكتلة لعدم اتساقها داخلياً، وهو ما يدل عادةً على تضمين فوّته مقياس التدرج.

على عينات مشغولة باستخدام خلية صفائح متوازية eps_r وtan delta التوصيف العازل. لنمذجة التركيب نقيس مع الألياف وعبرها، وبعد تكييفها إلى محتوى رطوبة 8 MHz، إلى 10 Hz من 20 Keysight E4990A محروسة ومحلل معاوقة %12 و%16. لا تدخل هذه الأرقام درجة الحياد -- فالعازل ليس ملوثاً مغناطيسياً -- لكنها تحكم السعة الموزعة التي تقدمها الدعامة المكتملة للكابل، وتُسجل إلى جانب الدرجة في شهادة كل وحدة.

4. النتائج: مقارنة الأنواع

n = 20 فُحص 11 نوعاً، بواقع كتلة لكل نوع. تنفصل النتائج بوضوح إلى ثلاث مجموعات.

وقابلية صافية موجبة في 14 من Fe من ppm الأسوأ أداءً، عند 41 إلى 190 (Quercus alba) الإخفاقات. كان البلوط الأبيض كتلة. السبب معروف لكل من ترك مشبكاً فولاذياً فوق بلوط رطب ليلة كاملة: يخلّب محتوى العفص المرتفع 20 إلى تانات الحديد -- المركب الأزرق الأسود في حبر العفص الحديدي -- فيركّز البلوط بنشاط الشائبة Fe في البلوط أو Nالتي تعاقبها هذه الدرجة. البلوط خشب جميل وعدائي مغناطيسياً. كان الجوز والكرز أفضل، لكن متوسطهما ظل 4 أدنى.

الأعشاب والمركبات. الخيزران، المسوّق كثيراً بوصفه »خشباً« مستداماً، عشب ذو حمل سيليكا ثقيل وكيمياء عقد غير منتظمة؛ سيطرت تضمينات معدنية بحجم الحبيبات على قابليته ولم يمكن إسناد درجة مستقرة إليه. فشل على محور مختلف تماماً: رابط اليوريا-فورمالديهايد شديد القطبية، فيمنحه (MDF) لوح الألياف متوسط الكثافة أعلى بمرتبة عشرية من الخشب الصلب، كما يجعله تصنيعه عرضة لمساحيق معدنية tan deltaمن 4 إلى 6 و eps_r من مواد الدعم لأسباب عازلة قبل النظر في درجته المغناطيسية. يُستبعد MDF مدفونة.

من Fe + Mn 3 من خط الاستواء الجيومغناطيسي قيمة deg المزروع ضمن 5 (Tectona grandis) نتيجة الساج. أعاد ساج المزارع عند التوريد. عند اختيار كتلة منفردة Nعبر 20 كتلة، وقابلية صافية ديامغناطيسية في كل عينة، ودرجة 5 ppm إلى 9 ليست ميزة الساج الاستوائي. Nوحققت كتلتان 7 Nحققت 31 من 340 كتلة مفحوصة درجة 6، ICP-MS وVSM بواسطة ومغسولة، ويُحصد فتياً قبل تراكم المعادن عميقاً في خشب Fe غامضة؛ فهو سريع النمو في تربة مزارع مُدارة منخفضة له 2.1 عند محتوى رطوبة 12%، وهي الأدنى eps_r التي تعاقب البلوط. تبلغ قيمة Fe-القلب، ويخلو من كيمياء العفص بين كل الأنواع المختبرة وتقترب من الرغوات الهندسية المستخدمة في تجهيزات RF.

5. مشكلة التشطيب

درجة الخشب خاصية للخشب، لا للجسم الذي يصير إليه؛ وأكثر الطرق شيوعاً لتدمير درجة جيدة هي تشطيب الخشب.

لحمض Zrو Mnو Co تُعالَج جميع تشطيبات الزيت والورنيش واللك تقريباً بعوامل تجفيف معدنية: أملاح النفثينيك أو 2-إيثيل هكسانويك، تضاف بجزء من 1% لتحفيز التشابك التأكسدي الذي يقسّي الغشاء. كل من مساير مغناطيسياً، وحتى تحميل معدني قدره 0.05% يرسب، لكل متر مربع من السطح المشطّب، كتلة مسايرة Mnو Co قبل طبقة واحدة من تشطيب زيت الكتان Nكاملة تحتها. قسنا عينة ساج N 5مغناطيسياً أكبر مما تحويه كتلة 5 المغلي وبعدها؛ فارتفعت قابليتها المحالة إلى السطح من الأساس الديامغناطيسي إلى قيمة صافية موجبة، وأُعيد لم يتغير الخشب. أعاد التشطيب التلوث، ووضعه تحديداً على السطح الملامس .Nإلى أقل من N 4تصنيفها من 5 مباشرة للكابل، وهو أسوأ موضع له.

بلا تشطيب، سيُلغي التشطيب Equatorial Elevation Blocks هذا هو الأساس المقاس -- لا تفضيل جمالي -- لتوريد في الخطوة الأخيرة وفي الموقع الأكثر نشاطاً مغناطيسياً، عملية الاختيار كاملة التي منحت الكتلة درجتها. الطبقة الفضية الرمادية التي يكتسبها الساج غير المشطّب بمرور الزمن أكسدة عنصرية لسطح الخشب نفسه؛ لا تضيف معدناً مسايراً مغناطيسياً، وهي تغير تجميلي ولا حدث مغناطيسي.

6. تباين الألياف ومسار الحمل العازل

على طول الألياف قيمتها عبر الألياف بنسبة 22 إلى eps_r الخشب متباين عازلياً. على عينات الساج لدينا، تجاوزت المحور نفسه. السبب الفيزيائي هو البنية الخلوية الأنبوبية tan delta عند محتوى رطوبة 12%، واتبع 28% المصطفة واتجاه ثنائيات قطب الماء المرتبط على طول الليف. في مادة دعم، لا يكون هذا التباين إزعاجاً ينبغي تسويته بالمتوسط؛ بل متغير تصميم.

يستقر الكابل في مهد مشغول في أعلى كل قالب، ولذلك يمر الاقتران السعوي السائد بين الكابل والدعامة عبر عمود الخشب الرأسي القصير تحت المهد مباشرة. بتشغيل كل قالب بحيث تكون نهاية الألياف رأسية -- حلقات النمو الأدنى إلى المستوى eps_r ظاهرة على الوجه العلوي والألياف ممتدة رأسياً على مسار الحمل -- نوجّه محور عبر الألياف ذي الأعلى للاتجاه الرأسي الحامل للحمل eps_r الأفقي حيث يكون مجال الكابل أقوى، ونحتفظ بمحور طول الألياف ذي حيث لا يسبب ضرراً كهربائياً ويقدم فائدة ميكانيكية كبيرة. اعتُمد اتجاه نهاية الألياف أولاً لصلابته الانضغاطية؛ ثم ظهر له الدليل العازل من هذه القياسات مستقلاً وأكد الاختيار.

بشدة مع الماء المرتبط، ولهذا تُجفف كل كتلة مصنفة eps_r وtan delta يحكم محتوى الرطوبة الصورة كلها. ترتفع في الفرن عند المنشأ إلى 12 +/- 1% ويحدد جدول الصيانة فحصاً سنوياً للرطوبة. الدعامة التي امتصت حتى ارتفعت من 12% إلى 18% غيّرت مساهمتها العازلة أكثر من أي فرق بين الأنواع.

7. المناقشة والخاتمة

المقترح هنا عمداً على عرف يثق به القارئ أصلاً. الأوديوفايل المستعد لدفع ثمن الرقم 9 السادس في N يتطفل سلم موصل نحاسي قد قبل مسبقاً فرضية أن التلوث المتبقي المساير والمشتت، المقاس بوحدة ppm، يستحق الضبط. لم نفعل سوى تطبيق تلك الفرضية ونوع القياس نفسه على المادة التي يستند إليها الموصل، فوجدنا أن عادة الصناعة في تصنيف المعدن إلى ستة أرقام 9 ثم إسناده إلى خشب صلب غير مصنف وحامل لـ Fe ونشط العفص تفاوت لا يصمد حين يُقال بصوت مرتفع.

يبلغ ساج المزارع الاستوائية حياد 5 Nعند التوريد و6 Nعند الانتقاء، ولأسباب عادية تماماً: ظروف نمو منخفضة Fe، وقلة الراتنج، والأساس الديامغناطيسي المشترك بين كل خشب نظيف، وغياب كيمياء العفص-Fe وحصاد فتي، ليس مادة سحرية، بل مادة نظيفة مقاسة ومصنفة ومتروكة بلا تشطيب كي تبقى كذلك. تُشحن كل قطعة وقابليتها المقاسة مطبوعة على الشهادة. ندعو القارئ إلى Fe + Mn ومعها درجة كتلتها ورقم Equatorial Elevation Block طلب الأرقام المكافئة من أي صانع آخر لدعامات الصوت، وملاحظة جوابه.

المراجع

[1] James, W. L. (1975). الخصائص العازلة للخشب واللوح الليفي: تغيرها مع الحرارة والتردد ومحتوى الرطوبة واتجاه الألياف. USDA Forest Service Research Paper FPL-245, Forest Products Laboratory, Madison.

[2] Torgovnikov, G. I. (1993). الخصائص العازلة للخشب والمواد الخشبية. Springer-Verlag, Berlin.

[3] Skaar, C. (1988). علاقات الخشب والماء. Springer Series in Wood Science, Springer-Verlag, Berlin.

[4] Cutter, B. E., Guyette, R. P. (1993). العوامل التشريحية والكيميائية والبيئية المؤثرة في استخدام الخشب للكيمياء الشجرية. Journal of Environmental Quality, 22(3), 611-619.

[5] Bosque, A., Ferro, M., Park, H. (2026). تصنيف الحياد المغناطيسي للخشب الإنشائي: الأجهزة وحدود الدرجات. Journal of Equatorial Audio Science, 7(2), 44-71.

[6] Tanaka, Y., Park, H. (2022). قياس السماحية بصفائح متوازية محروسة للمواد الصلبة المتباينة منخفضة الفقد. Journal of Equatorial Audio Science, 3(1), 12-29.

CONFIDENTIAL