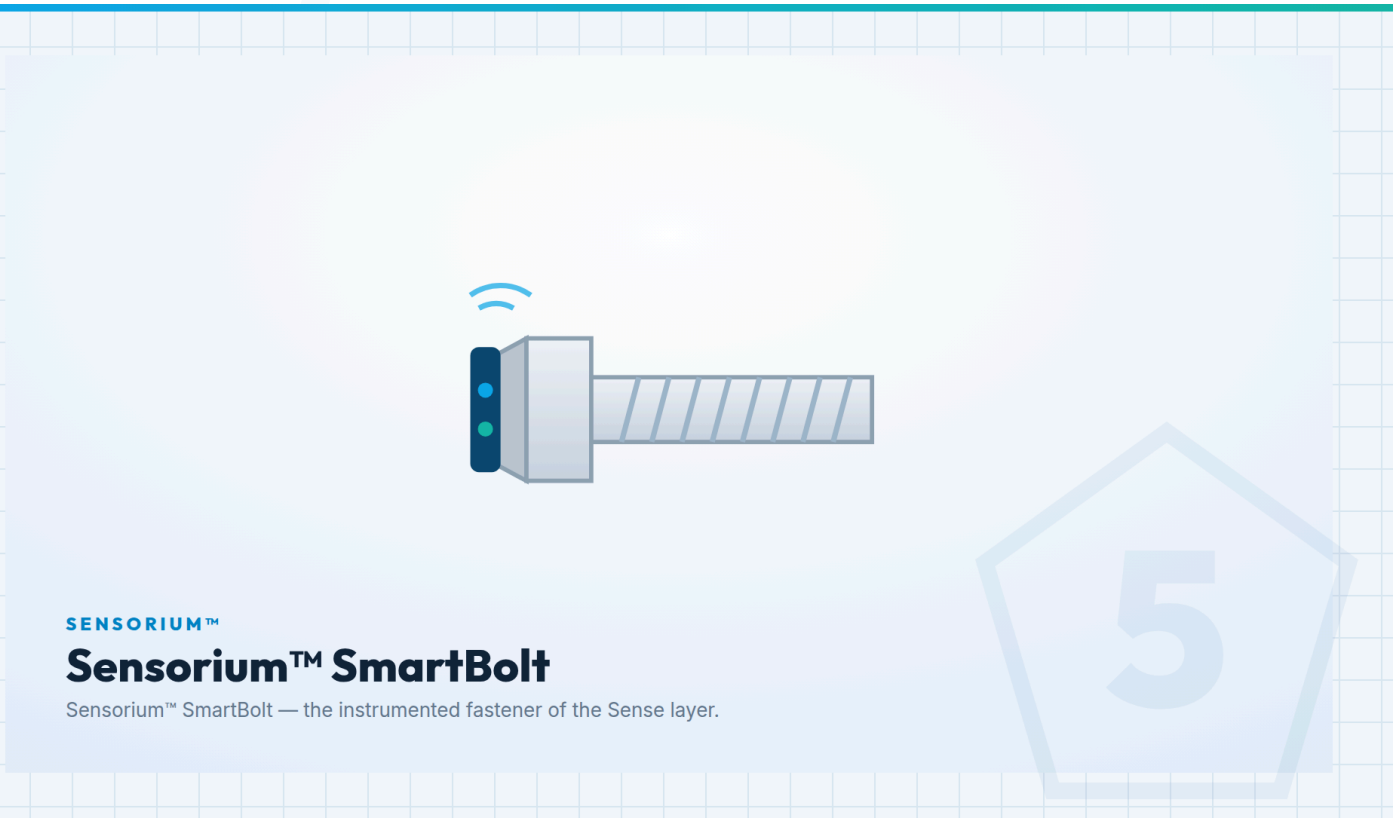
Sensorium™ SmartBolt — مثبِّت مُجهَّز بأدوات قياس

ورقة المواصفات · `sensorium-smart-bolt-datasheet` · مسودّة مراجعة (أولية) · 18-07-2026

أولية — قيم مُقترَحة. القيم المُعلَّمة بالرمز ‡ هي أرقام مُقترَحة، نموذجية لهذه الفئة من المنتجات في الصناعة، قُدِّمت كي لا تُترَك أي مواصفة فارغة. وهي **غير مقيسة وغير نهائية**، ولا تُشكِّل أي قيمة في هذا المستند ادّعاءً بالاعتماد. يجب على الهندسة تأكيد كل قيمة ‡ قبل إصدار ورقة المواصفات هذه بصيغتها النهائية. يوفّر SmartBolt **دعمًا للمراقبة — وليس نظامًا معتمَدًا لفحص السلامة الإنشائية.** انظر §12 للتحكّم في التغييرات.



الشكل FIG-001 — Sensorium™ SmartBolt، المثبِّت المُجهَّز في طبقة Sense من عائلة Sensorium™.

1. لمحة سريعة

إن **Sensorium™ SmartBolt** هو وحدة *Sense* من عائلة 5Tech Sensorium™، مبنيّ على منصّة عُقد الاستشعار الذكية BLE: مثبِّت إنشائي مُجهَّز يُركَّب بدلًا من برغي قياسي. يقيس عنصرُ استشعار الحِمل المسبق الموجود في

تجويف الرأس المُجهَّز‡ مباشرةً **قوة الربط (الحِمل المسبق)** المحوريّة، إلى جانب **إشارات الحرارة والاهتزاز والارتخاء**، ويبثّ تلك البيانات عبر **Bluetooth Low Energy** إلى **Sensorium™ Gateway**. وعلى **5Tech Platform**، تدعم البياناتُ **مراقبةَ الحالة، ووضوحَ الاتجاهات، وتنبيهاتِ الصيانة** — دعمٌ للمراقبة، **وليس** فحصًا معتمَدًا للسلامة الإنشائية ولا بديلًا عن الفحص المُجدوَل.

المنتج	Sensorium™ SmartBolt (مثبّت مُجهَّز بأدوات قياس)
العائلة / الدور	Sensorium™ · **Sense**
الوظيفة	مراقبة داخل المثبّت للحِمل المسبق/قوة الربط والحرارة والاهتزاز والارتخاء (دعم للمراقبة)
الاستشعار	عنصر استشعار الحِمل المسبق في تجويف الرأس المُجهَّز‡؛ مقياس تسارع MEMS؛ مستشعر حرارة في الرأس
المقاس / الرتبة	عائلة M12–M24‡ · فئة الخاصية 8.8 / 10.9 / 12.9‡ وفق ISO 898-1
المقاومة	الساق الحاملة للحِمل **غير مُشغَّلة آليًّا** — تحتفظ بالمقاومة الاسمية الكاملة لفئة خاصيتها‡
الاتصال	Bluetooth Low Energy 5.x إلى Sensorium™ Gateway
الغلاف / IP	رأس سداسي مُحكَم مع هوائي مُدمَج في الرأس؛ IP67‡ (IEC 60529)
الطاقة	خلية أولية $Li\text{-}SOCl_2$ مُحكمة الإغلاق مدى الحياة‡؛ عمر خدمة ≤ 10 سنوات‡ (غير قابلة للاستبدال ميدانيًّا)

الميزات الرئيسية

- **بديل ميكانيكي مباشر** لمثبّت إنشائي من رتبة معادِلة: تُوجَد كل الإلكترونيات والخلية الأولية والهوائي في **تجويف الرأس المُجهَّز**، و**الساق** الحاملة للحِمل **غير مُشغَّلة آليًّا ولا مثقوبة**، فيحتفظ البرغي **بالمقاومة الاسمية الكاملة (حِمل الإثبات والشدّ والكلال)** لفئة خاصيته وفق ISO 898-1 (انظر §5).
- **قياس مباشر للحِمل المسبق** — يُبلِّغ عنصرُ استشعار في تجويف الرأس عن قوة الربط المحوريّة بدقّة **±2 %‡ من القراءة**، فتُشَدّ الوصلات إلى حِمل ربط *مقيس* بدلًا من قيمة عزم مُستنتَجة.
- **استشعار الحرارة والاهتزاز والارتخاء** عند المثبّت للإشارة إلى فقدان الحِمل المسبق وإلى حالة الوصلة غير الطبيعية عبر الزمن.
- بثّ **BLE 5.x** إلى Sensorium™ Gateway — دون تمديدات أسلاك لكل برغي؛ الهوائي في الرأس المكشوف.
- **خلية $Li\text{-}SOCl_2$ مُحكمة الإغلاق مدى الحياة**، عمر خدمة **≤ 10 سنوات‡**؛ غير قابلة للاستبدال ميدانيًّا — مسار الإزالة عند نهاية العمر و**التخلّص كنفايات خطرة** في §8.
- تُغذّي **5Tech Platform** لمراقبة الحالة والاتجاهات وتنبيهات الصيانة — **دعمٌ** للمراقبة، لا بديلٌ عن الفحوص اليدوية الدورية للعزم / التفتيش.

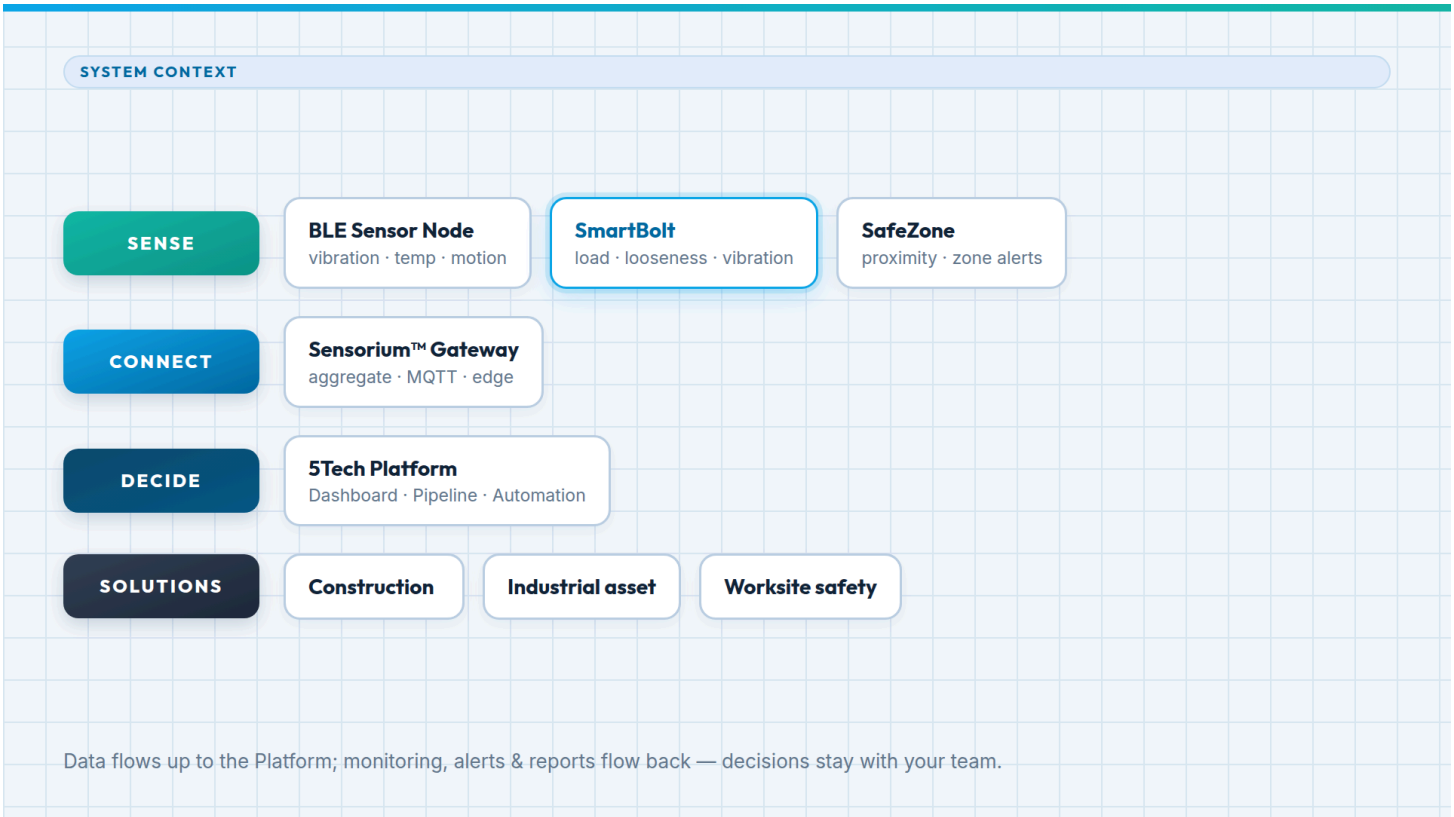
التطبيقات النموذجية

- الوصلات الإنشائية ووصلات المعدّات حيث ينبغي مراقبة الحِمل المسبق / الارتخاء للمثبّت.
- مراقبة مواقع البناء والأصول (إلى جانب Zone Awareness) عبر 5Tech Platform.

- برامج الصيانة القائمة على الحالة التي تحتاج إلى اتجاهات الحِمل المسبق / الارتخاء للمثبِّت إلى جانب التفتيش.

2. سياق النظام

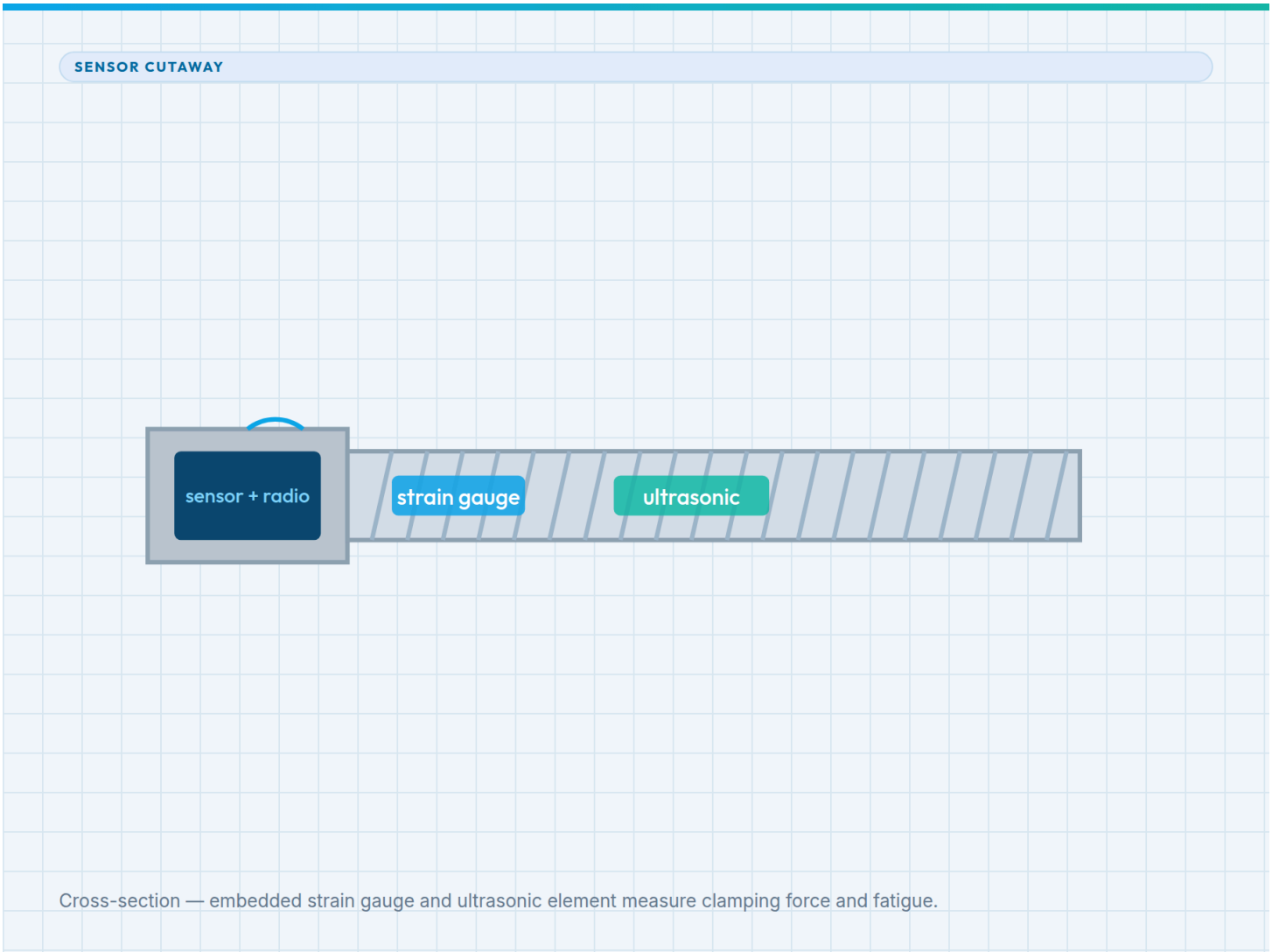
إن SmartBolt جهاز **Sense**: فهو مصدر للبيانات. تتدفّق قياساته صعودًا عبر **Sensorium™ Gateway** (Connect) إلى **5Tech Platform** (Decide)، حيث تُحوِّل المراقبةُ والأتمتةُ ومساعدةُ الذكاء الاصطناعي اتجاهاتِ الحِمل المسبق والارتخاء إلى تنبيهات واتجاهات وتوصيات صيانة.



الشكل Decide → Connect → Sense — FIG-002. إن SmartBolt جهاز Sense يبثّ عبر BLE إلى Gateway.

- **Sense** — إن **SmartBolt** ™**Sensorium** (استشعار الحِمل المسبق / الاهتزاز) وأجهزة Zone Awareness.
- **Connect** — يجمع Sensorium™ Gateway بيانات SmartBolt ويعالجها مبدئيًّا.
- **Decide** — يُحوِّل 5Tech Platform (المراقبة · الأتمتة · مساعدة الذكاء الاصطناعي) البياناتِ إلى اتجاهات وتنبيهات صيانة.
- **الحلول** — تُبنى Construction Sites Monitoring على هذه السلسلة.

3. نظرة عامة وظيفية



الشكل FIG-003 — مقطع طولي: عنصر استشعار الحِمل المسبق والإلكترونيات والخلية الأولية والهوائي، مُودَعة في تجويف الرأس المُجهَّز؛ الساق الحاملة للحِمل غير مُعدَّلة.

يدمج SmartBolt الاستشعار والراديو داخل **تجويف الرأس المُجهَّز**، فتكون الوصلةُ الميكانيكية ونقطةُ القياس شيئًا واحدًا، **دون إضعاف الساق الحاملة للحِمل**:

1. **استشعار الحِمل المسبق** — يستجيب عنصرُ استشعار في تجويف الرأس (‡، الطريقة قيد التأكيد الهندسي) لحِمل الربط المحوريّ الذي تحمله الساق، فيعطي **قوة ربط / حِمل مسبق مقيسًا** أثناء الخدمة بدلًا من قيمة عزم مُستنتَجة.
2. **استشعار الحرارة** — يُبلِّغ مستشعرُ حرارة عند رأس البرغي عن حرارة المثبِّت، كإشارة لحالة الوصلة وللتعويض عن قراءة الحِمل المسبق مع تغيّر الحرارة.
3. **استشعار الاهتزاز والارتخاء** — يراقب مقياسُ تسارع MEMS الاهتزازَ والإشارات المتعلّقة بالحركة عبر الزمن للإشارة إلى **الارتخاء وفقدان الحِمل المسبق**.
4. **البثّ اللاسلكي** — تبثّ الإلكترونيات الموجودة داخل الرأس القياساتِ عبر **Bluetooth Low Energy** إلى Sensorium™ Gateway عبر هوائي في الرأس المكشوف.
5. **المراقبة** — على 5Tech Platform، تُعرَض اتجاهاتُ الحِمل المسبق والحرارة والارتخاء وتُطلِق **تنبيهات وتوصيات** الصيانة (دعمٌ للمراقبة، لا فحص معتمَد للسلامة الإنشائية).

مسار البيانات: *الاستشعار في البرغي (تجويف الرأس) → راديو BLE داخل الرأس → → Sensorium™ Gateway 5Tech Platform (المراقبة والتنبيهات)*. إن التصميم الدقيق لعنصر الاستشعار والمعاينة ونطاقات القياس ‡ مُقترَحة وخاضعة للتأكيد الهندسي.

---

4. معلومات الطلب

رموز الطلب أدناه هي المخطّط المُقترَح؛ المُعرِّف الأساسي واللواحق ‡ ريثما تُؤكَّد. التكوين = المقاس الأساسي + فئة الخاصية + خيار الطول/الطلاء. مقاس شدّ واحد وفئة خاصية واحدة لكل رمز طلب.

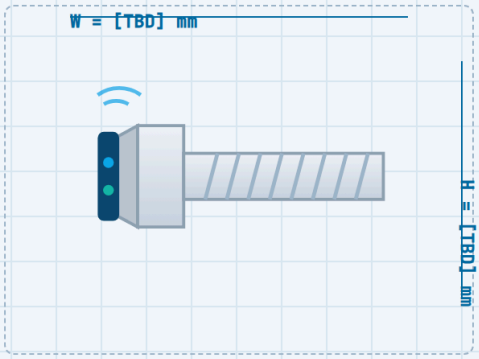
رمز الطلب	التكوين	ملاحظات
`SEN-SB-100`‡	SmartBolt أساسي	استشعار الحِمل المسبق / الحرارة / الاهتزاز، BLE إلى Gateway؛ المقاس + الفئة حسب اللاحقة
`SEN-SB-100-L`‡	متغيّر طول بديل	نفس التجهيز، طول ساق / قبضة مختلفان
`SEN-SB-100-X`‡	متغيّر ممدَّد / خاص	فئة خاصية أو متغيّر طلاء بديل

يُختار المقاس (M12–M24‡) وفئة الخاصية (8.8 / 10.9 / 12.9‡) لكل رمز طلب؛ الملحقات في §10.

---

5. المواصفات الميكانيكية

DIMENSION DRAWING



Orthographic outline with principal dimensions and mounting pattern — values indicative, confirm before use.

الشكل FIG-005 — واجهة رأسية مع الطول الكلي والشدّ وأبعاد المسافة بين الأوجه (mm). القيم ‡ مُقترَحة.

المعامل	القيمة	الشرط / الملاحظة
عائلة مقاس الشدّ الاسمي	M12–M24‡ (متري ISO خشن)	مقاس واحد لكل رمز طلب؛ بديل مباشر لبرغي قياسي من رتبة معادِلة
فئة الخاصية	8.8 / 10.9 / 12.9‡	وفق **ISO 898-1**؛ قابلة للاختيار لكل رمز طلب؛ الفئة مُعلَّمة على الرأس
دمج المقاومة	**تجويف الرأس** المُجهَّز؛ الساق **غير مُشغَّلة آليًّا**‡	تحتفظ بالمقاومة الاسمية الكاملة لفئة الخاصية (انظر ملاحظة المقاومة أدناه)
الطول الكلي	60–200‡ mm	حسب المتغيّر / طول قبضة الوصلة
طول الشدّ	وفق ISO 4014 / 4017‡	مُشَدَّد جزئيًّا أو كليًّا حسب المتغيّر
نوع الرأس / بين الأوجه	سداسي، مقطع DIN 931 /‡ 933	رأس مُوسَّع لاحتواء التجهيز؛ المسافة بين الأوجه حسب المقاس
الوزن	مثلًا 70 … 480 g (M12)؛ g‡ (M24)	يضيف الرأس المُجهَّز كتلة مقارنةً ببرغي عادي
الطلاء / التشطيب	رقائق زنك وفق ISO 10683‡ (خالٍ من Cr(VI))	فئة الرذاذ الملحي في 8§
الحماية من التسرّب	IP67‡ (IEC 60529)	مجموعة رأس مُحكمة الإغلاق مدى الحياة؛ انظر 8§
عمر الكلال	≥ 2×10^6‡ دورة حِمل	سعة إجهاد متناوب $\sigma_A \le 50$ MPa‡ على مساحة الإجهاد حول الحِمل المسبق المُركَّب، وفق منحنى S-N من **VDI 2230**؛ مساوٍ لمثبِّت غير مُعدَّل من الفئة نفسها

المقاومة وتخفيض التصنيف. تُودَع كل الإلكترونيات والخلية الأولية والهوائي في **تجويف الرأس المُجهَّز**؛ و**الساق الحاملة للحِمل غير مُشغَّلة آليًّا، وغير مثقوبة، وغير مزوَّدة بثقب لمقياس الإجهاد.** ولذلك يحتفظ SmartBolt **بحِمل الإثبات ومقاومة الشدّ وعمر الكلال الاسمية الكاملة** لفئة خاصيته وفق ISO 898-1، وهو **بديل مباشر يمكن الدفاع عنه لمثبِّت من رتبة معادِلة** — إذ **لا** يُطبَّق **أي معامل تخفيض تصنيف للمقاومة** على الساق. (وإذا ما شغَّل متغيّرٌ مستقبليّ ثقبًا لمقياس إجهاد في الساق، فسيُذكَر هنا بدلًا من ذلك معاملُ تخفيض تصنيف على حِمل الإثبات/الشدّ.)

حِمل الإثبات والشدّ لكل مقاس (محسوبة للفئة التمثيلية **10.9**؛ تتدرّج القيم حسب الفئة المختارة وفق ISO 898-1 وهي **‡** إلى أن يتوفّر تقرير مطابقة في الملف):

المقاس	مساحة الإجهاد A_S	حِمل الإثبات F_P‡ (10.9، S_P = 830 MPA)	الشدّ الأدنى F_M‡ (10.9، R_M = 1040 MPA)	الحِمل المسبق النموذجي للتركيب‡ (≈ 0.7 F_P)
M12	84.3 mm²	70 kN	88 kN	49 kN
M16	157 mm²	130 kN	163 kN	91 kN
M20	245 mm²	203 kN	255 kN	142 kN
M24	353 mm²	293 kN	367 kN	205 kN

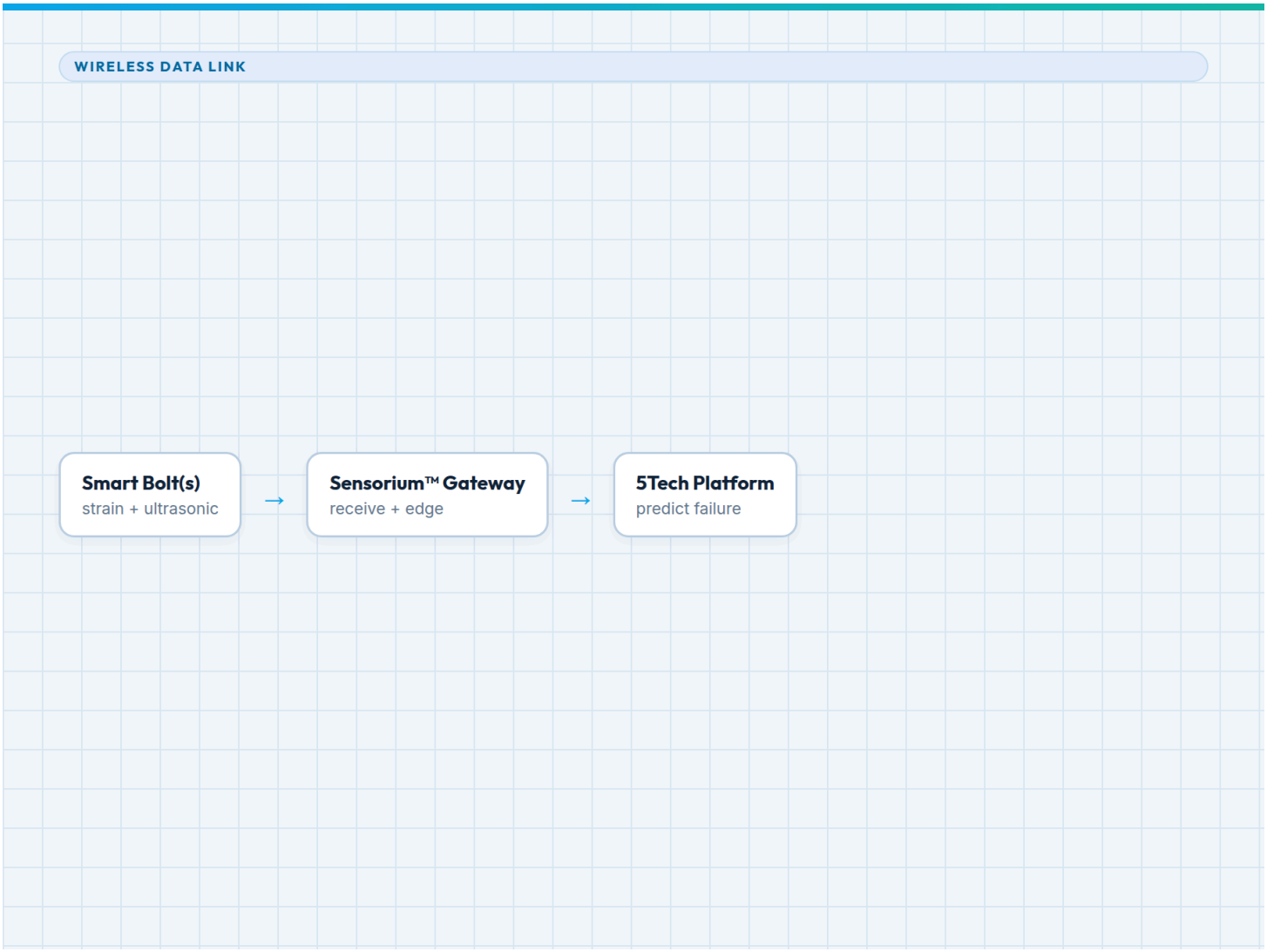
الربط والتحكّم في الحِمل المسبق. التركيب **مُتحكَّم فيه بالحِمل المسبق**: تُستخدَم **قراءة الحِمل المسبق الحيّة** لـ SmartBolt لشدّ الوصلة إلى حِمل الربط المستهدَف، بدلًا من الاعتماد على قيمة عزم. وحيثما يُنشَر عزمُ ربط مرجعيّ، فإنه يفترض الفئة 10.9 بشرط شدّ/سطح سفلي مُزلَّق (**معامل الربط ‡k = 0.14**) عبر T = k · F · d — مثلًا وصلة M20 من الفئة 10.9 مشدودة إلى ≈ 142 kN تقابل **‡N·m ≈ 398** عند k = 0.14. العزم مجرّد تحقّق مقابل؛ أمّا حِمل الربط الفعلي فيحدّده الحِملُ المسبق **المقيس**، وفق تصميم الوصلات في **VDI 2230**. نطاق قياس قوة الربط ودقّته في §6.

6. المواصفات الكهربائية ومواصفات الاستشعار

جميع القيم ‡ مُقترَحة ومذكورة مع شرط قياسها. إن SmartBolt عُقدة لاسلكية ذاتية التغذية؛ لا توجد وصلات كهربائية خارجية.

المعامل	الأدنى	النموذجي	الأقصى	الوحدة	الشرط
نطاق قياس الحِمل المسبق / قوة الربط	0	—	‡290	kN	مدى العائلة M12–M24؛ لكل مقاس = 0…حِمل إثبات الفئة المختارة (§5)
دقّة قياس الحِمل المسبق	—	‡±2	—	% من القراءة	20– … 80+ °C، منسوبة إلى خلية حِمل مُعايَرة (‡ISO 376)
دقّة تمييز الحِمل المسبق	—	‡0.1	—	kN	@ 25 °C
نطاق قياس الحرارة	‡40–	—	‡85+	°C	عند رأس البرغي
دقّة الحرارة	—	‡±2	—	°C	20– … 80+ °C
استشعار الاهتزاز / الارتخاء	—	—	‡±16	g	مقياس تسارع MEMS، 0–2 kHz‡؛ إشارات متعلّقة بالحركة
فاصل المعاينة / الإبلاغ	‡1	‡60	‡1440	min	قابل للضبط عبر Platform؛ الافتراضي 60 min‡
الراديو	—	‡4+	—	dBm	BLE 5.x، قدرة إرسال موصَّلة عند 2.4 GHz؛ انظر §7
مصدر الطاقة	—	—	—	—	خلية أولية Li-$SOCl_2$ مُحكمة الإغلاق مدى الحياة‡؛ **غير قابلة للاستبدال ميدانيًّا** (انظر التخلّص في §8)
عمر خدمة البطارية	‡10	—	—	سنوات	@ فاصل إبلاغ 60 min‡، 25 °C؛ يتجاوز عمر الكلال المُراقَب النموذجي (§5)

7. الواجهات والبروتوكولات



الشكل FIG-004 — عدّة وحدات SmartBolt تبثّ بيانات الحِمل المسبق والحرارة والاهتزاز عبر BLE إلى Sensorium™ Gateway واحد.

الواجهة	المواصفة	ملاحظات
الوصلة الصاعدة اللاسلكية	Bluetooth Low Energy 5.x، 2.4 GHz	إلى Sensorium™ Gateway
الهوائي	مُدمَج في **الرأس السداسي المكشوف**‡	يُشِعّ من الرأس فوق وجه الوصلة؛ تقع الساق وفولاذ الوصلة أسفل الهوائي
المدى اللاسلكي	**10 m**‡ مُركَّب / **30 m**‡ في الهواء الطلق	+4 dBm‡ إرسال، BLE، خط نظر مباشر؛ مُركَّب = برغي مربوط بعزم في وصلة فولاذية (الفولاذ يُخمِّد)، الهواء الطلق = دون عوائق
البراغي لكل Gateway	حتى **50**‡ عُقدة Sensorium/Gateway	تتشارك وحدات SmartBolt ميزانيةَ عُقد BLE للـ Gateway مع عُقد Zone Awareness
التزويد / التشغيل الأولي	أداة تنبيه/تسجيل يدوية + مُعرِّف الجهاز‡	ربط ميداني بـ Gateway
الحمولة	إشارات الحِمل المسبق/قوة الربط والحرارة والاهتزاز والارتخاء	مُبَثّة إلى 5Tech Platform عبر Gateway

الأمان. تستخدم وصلة BLE بين Gateway ↔ SmartBolt إقرانَ **BLE LE Secure Connections**‡؛ ويوفّر Gateway الوصلةَ الصاعدة المُصادَق عليها والمُشفَّرة إلى 5Tech Platform (MQTT فوق TLS). لا يتّصل SmartBolt بالـ Platform مباشرةً.

8. المواصفات البيئية والتصنيفات

تعمل المثبّتات الإنشائية في بيئات خارجية ومُحمَّلة ومهتزّة. جميع الأرقام أدناه أهدافٌ ‡ مُقترَحة، لم تُتحقَّق بعد بالاختبار.

المعامل	القيمة	المعيار / الشرط
الحماية من التسرّب	‡IP67	IEC 60529؛ مجموعة رأس مُحكمة الإغلاق مدى الحياة
حرارة التشغيل	−40 °C إلى +85 °C‡	محيطة، تحت الحِمل
حرارة التخزين	−40 °C إلى +85 °C‡	حدّ تخزين خلية $Li\text{-}SOCl_2$
الرطوبة	5–100 % رطوبة نسبية‡	يُسمَح بالتكاثف (رأس مُحكَم، IP67)
الاهتزاز	10–500 Hz، 10 g‡، 20 مسحًا/محور	IEC 60068-2-6، مُركَّب في وصلة تمثيلية
الصدمة	50 g‡، نصف جيبية 11 ms، 3 صدمات/محور/اتجاه	IEC 60068-2-27
المناعة من ESD	±8 kV تلامس / ±15 kV هواء‡	IEC 61000-4-2
المناعة من التردّد الراديوي المُشِعّ	10 V/m‡، 80 MHz–2.7 GHz	IEC 61000-4-3
مقاومة التآكل	≥ 720 h‡ رذاذ ملحي محايد، دون صدأ أحمر	ISO 9227 (NSS)؛ طلاء رقائق زنك وفق ISO 10683

نهاية العمر والتخلّص. الخلية الأولية **مُحكمة الإغلاق داخل الرأس مدى الحياة ولا يمكن استبدالها.** عند نهاية الخدمة، أزِل المثبِّت **سليمًا** (لا تفتحه ولا تُشغِّله آليًّا ولا تُسخِّنه ولا تحرقه — انظر فصل السلامة في الدليل) وتخلّص منه كـ **نفايات خطرة / جهاز يحتوي بطارية ليثيوم** وفق الأنظمة المحلية. **لا** تضعه في النفايات العامة أو نفايات الخردة المعدنية. يخضع نقل البطاريات لـ **UN 38.3** (انظر §9).

---

9. الامتثال والمعايير

لا يُمتلَك حاليًّا أي اعتماد. يسرد الجدولُ برنامجَ الاعتماد المُزمَع؛ لا يجوز إظهار أي علامة أدناه على المنتج أو التغليف أو التسويق إلى أن يُعتمَد مع تقرير في الملف (مُسجَّل في `references.md`).

المجال	المعيار المُزمَع	الحالة
الراديو / الاتصالات (حسب المنطقة)	FCC Part 15 / ISED RSS-247 / RED (الاتحاد الأوروبي) لراديو BLE بتردّد 2.4 GHz‡	مُخطَّط — لم يُقدَّم بعد
فئة الخاصية الميكانيكية للمثبِّت	ISO 898-1 (حِمل الإثبات، الشدّ، الصلادة)‡	مُخطَّط — اختبار المطابقة ليس في الملف بعد
التوافق الكهرومغناطيسي (الراديو)	EN 301 489-1 / -17‡	مُخطَّط — لم يُختبَر بعد
البيئي (المواد)	RoHS (UE 2011/65) / REACH‡	مُخطَّط — الإقرار قيد الإعداد
نقل البطاريات	UN 38.3 (خلية ليثيوم أولية)‡	مُخطَّط — التقييم قيد الإعداد

يُشترَط اعتماد نوع الراديو قبل أن يُباع المنتج في أي سوق؛ وهو غير مُمتلَك بعد. إن SmartBolt دعمٌ للمراقبة وليس نظامًا معتمَدًا لمراقبة السلامة الإنشائية (SHM) أو للفحص الإنشائي؛ ولا يُقدَّم أو يُلمَّح إلى أي ادّعاء من هذا القبيل.

10. الملحقات والمنتجات ذات الصلة

الشكل FIG-006 — متغيّرات مقاس/نوع SmartBolt إلى جانب صواميل وحلقات وأدوات ميدانية مُطابِقة.

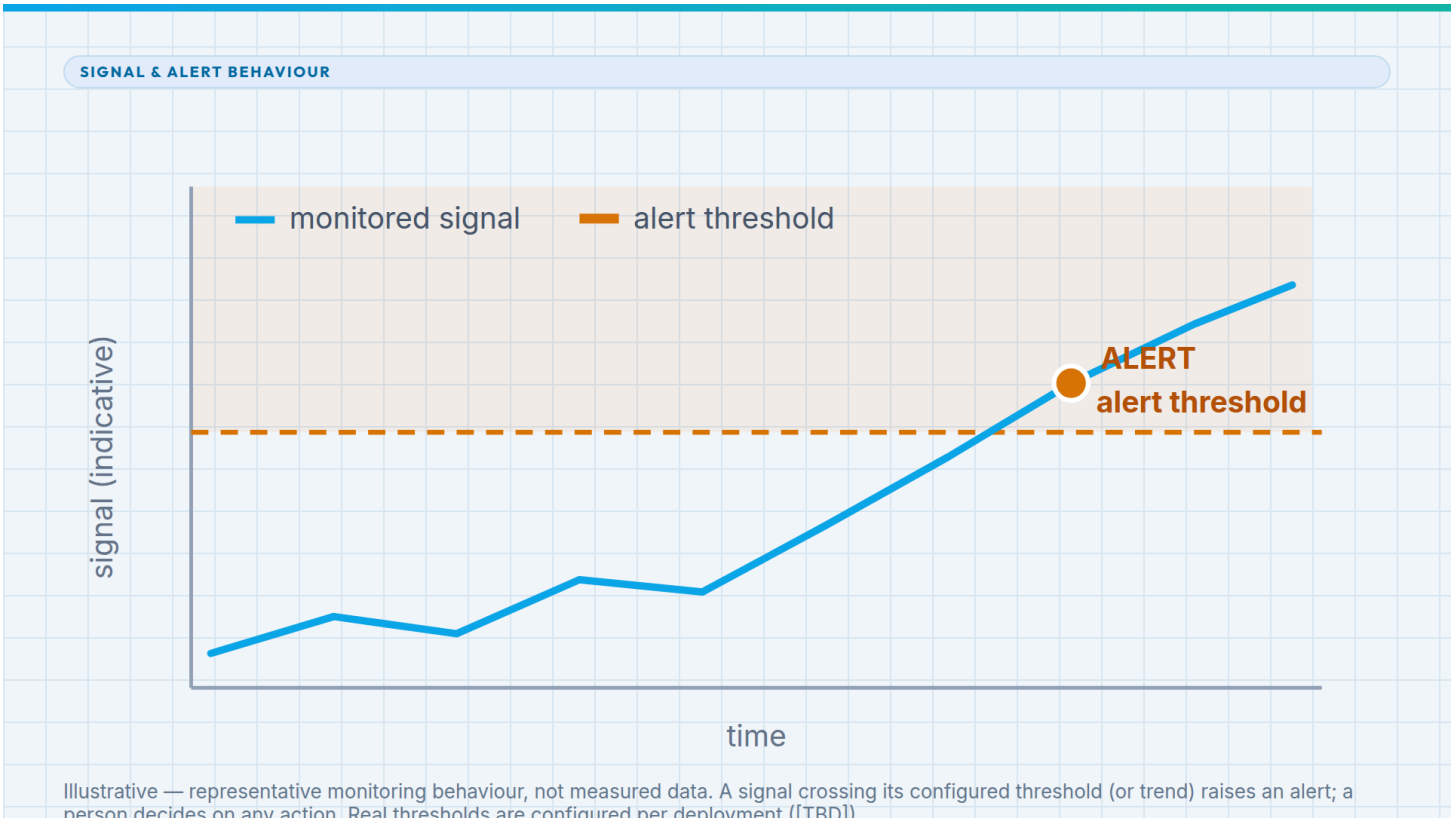
العنصر	رمز الطلب	الغرض
صامولة مُطابِقة	‡`SEN-SB-ACC-NUT`	عتاد تعشيق صحيح (مُطابِق للفئة)
مجموعة حلقات مُقسّاة	‡`SEN-SB-ACC-WSH`	توزيع الحِمل تحت الرأس/الصامولة
أداة تشغيل أوّلي ميدانية	‡`SEN-SB-ACC-CMT`	تنبيه/ربط برغي بـ Gateway
متغيّرات الطول / الشدّ	‡`SEN-SB-100-L`	تحجيم خاص بالوصلة

المستندات ذات الصلة

- **مُجمَّع بواسطة:** ورقة مواصفات Sensorium™ Gateway — طبقة Connect التي تستقبل هذه البيانات.
- **الدليل:** `/manuals/sensorium-smart-bolt-manual` — التركيب، التشغيل الأولي، الخدمة.
- **التركيب:** `/installation/sensorium-smart-bolt-installation` — العزم، الربط، الفحوص.
- **مُستشعَر إلى جانب:** ورقة مواصفات Sensorium™ Zone Awareness.

- **يعمل مع:** 5Tech Platform (المراقبة · الأتمتة · مساعدة الذكاء الاصطناعي) — Construction Sites Monitoring.

11. الإشارات المُراقَبة وسلوك التنبيهات (توضيحي)



الشكل FIG-007 — توضيحي — إشارة مُراقَبة تتجاوز عتبة تنبيهها المُهيَّأة (أو اتجاه غير طبيعي) تُطلِق تنبيهًا؛ ويقرّر شخصٌ أي إجراء. سلوك تمثيلي، لا بيانات مقيسة.

يُبلِّغ SmartBolt عن إشاراته المُراقَبة — **الحِمل/الحِمل المسبق والحرارة والاهتزاز** — عبر BLE (من خلال Gateway) إلى 5Tech Platform؛ وعندما تتجاوز إشارةٌ عتبةً مُهيَّأة أو تُظهِر اتجاهًا غير طبيعي، يُطلِق الـ Platform **تنبيهًا** ويقرّر شخصٌ أي إجراء. هذه مجرّد مؤشّرات حالة توضيحية — إن SmartBolt **ليس نظامًا معتمَدًا لمراقبة السلامة الإنشائية (SHM)**. تُهيَّأ العتبات لكل عملية نشر.

الإشارة	مثال على مُطلِق التنبيه‡	الاستجابة
الحِمل المسبق / الحِمل (الارتخاء)	يهبط الحِمل المسبق للبرغي دون نطاقه المُهيَّأ (ارتخاء)	تنبيه + إخطار (يقرّر الشخص)
الاهتزاز	يرتفع الاهتزاز فوق عتبة مُهيَّأة أو يتّجه بشكل غير طبيعي	تنبيه + إخطار (يقرّر الشخص)
الحرارة	تتجاوز حرارة الرأس حدًّا مُهيَّأً	تنبيه + إخطار (يقرّر الشخص)

توضيحي — تمثيلي، لا مقيس؛ قيم المُطلِقات ‡ مُقترَحة وقابلة للضبط.

12. المراجعة والتحكّم في التغييرات

المراجعة	التاريخ	التغيير	المؤلّف
مسودّة (أولية)	2026-07-07	محتوى مُؤلَّف أوّلي؛ قيم `[TBD]`.	التوثيق
مسودّة (أولية، مُقترَحة)	2026-07-18	اعتماد تصميم المقاومة القائم على تجويف الرأس/الساق غير المُشغَّلة (دون تخفيض تصنيف)؛ إضافة عائلة المقاسات الحقيقية (M12–M24) وفئة الخاصية ISO 898-1 مع جدول حِمل الإثبات/الشدّ؛ إضافة نطاق/دقّة/تمييز قياس الحِمل المسبق، واستشعار الحرارة، وأساس عمر الكلال (VDI 2230)، والشدّ المُتحكَّم فيه بالحِمل المسبق مع $k = 0.14$؛ ضبط IP67 (IEC 60529)؛ هوائي مُدمَج في الرأس مع مدى BLE مُركَّب/في الهواء الطلق وبراغٍ لكل Gateway؛ خلية $Li\text{-}SOCl_2$ مُحكمة الإغلاق مدى الحياة مع مسار التخلّص؛ إعادة كتابة الامتثال بصيغة «لا يُمتلَك اعتماد» + البرنامج المُخطَّط؛ ملء جميع `[TBD]` بقيم ‡ مشروطة ومعايير اختبار محدّدة؛ توحيد تسمية SmartBolt؛ إضافة كتلة المراجعة.	التوثيق

سجلّ التغييرات الكامل: `revision.md`. المصادر والمعايير المُستشهَد بها: `references.md`.

المواصفات أوّلية؛ قيم ‡ مُقترَحة وخاضعة للتأكيد الهندسي وللتغيير. انظر `revision.md` للتحكّم في التغييرات، و`references.md` للمصادر، و`image_prompts.md` لفهرس الأشكال/الـ prompts. هدف النشر على الويب: `/resources/datasheets/smart-bolt/`.