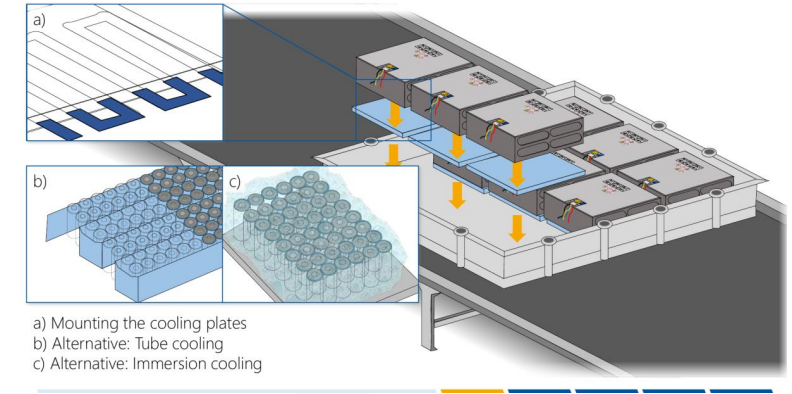


EV / HEV ISHLAB CHIQRISH · BATAREYA ISHLAB CHIQRISH

Akkumulyator modullari va batareya bloklarini ishlab chiqarish

Modul va batareya bloklarini yig'ish jarayonlari zanjirining asosiy tushunchalari



Barqaror transport bakalavriat dasturi

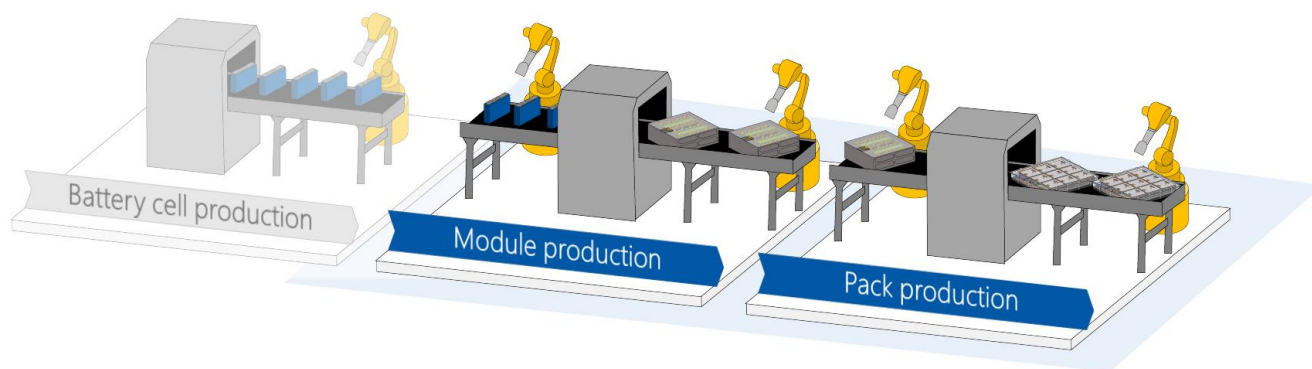
"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."

Sustainable Transportation within the Framework of Green Deal - SPHERE

Call: ERASMUS-EDU-2023-CBHE-STRAND-2

Project Number: 101128065

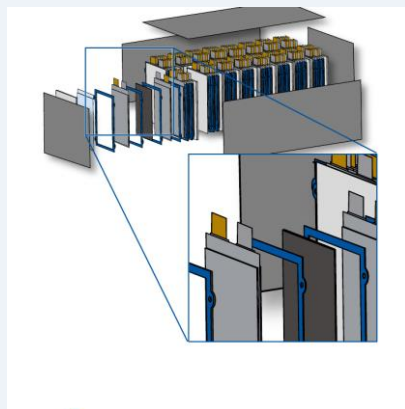
Akkumulyator elementidan modulga, moduldan batareya blokiga



Asosiy tushunchalar

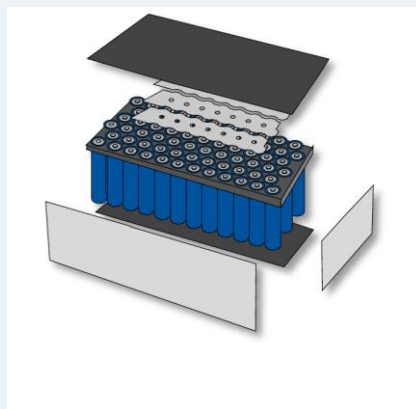
- Akkumulyator elementlari dastlab ketma-ket va/yoki parallel tarzda modullarga birlashtiriladi. Keyin bir nechta modul batareya blokini hosil qiladi.
- Modul tarkibiga rama, elektr shinalari va kontakt birikmalari kiradi. Batareya blokiga esa BMS, sovitish tizimi, yuqori kuchlanishni taqsimlash tizimi va korpus qo'shiladi.
- Modul va batareya bloklarini yig'ish ishlari tobora ko'proq avtomobil ishlab chiqaruvchilarning o'z korxonalarida amalga oshirilmoqda.
- Ushbu qo'llanma moduldan batareya blokigacha bo'lgan to'liq ishlab chiqarish jarayonini qamrab oladi.

Akkumulyator elementi formatiga ko'ra modul konstruksiyalari



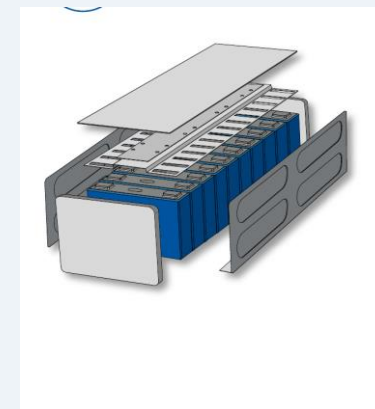
Paket turidagi elementlar moduli

Elementlar ustma-ust joylashtirilib, o'zaro ulanadi. Ularning orasiga bo'shliq to'ldirgichlar va sovitish qismlari o'rnatiladi. Konstruksiya elementlarning kengayib-qisqarishiga imkon berishi kerak.



Silindrsimon elementlar moduli

Silindrsimon elementlar ushlagichlarga mahkamlanib, tok shinalari orqali ulanadi. To'liqinsimon sovitish tizimi qo'llanadi. Bunday modul mustahkam, standartlashtirilgan va nisbatan arzon hisoblanadi.

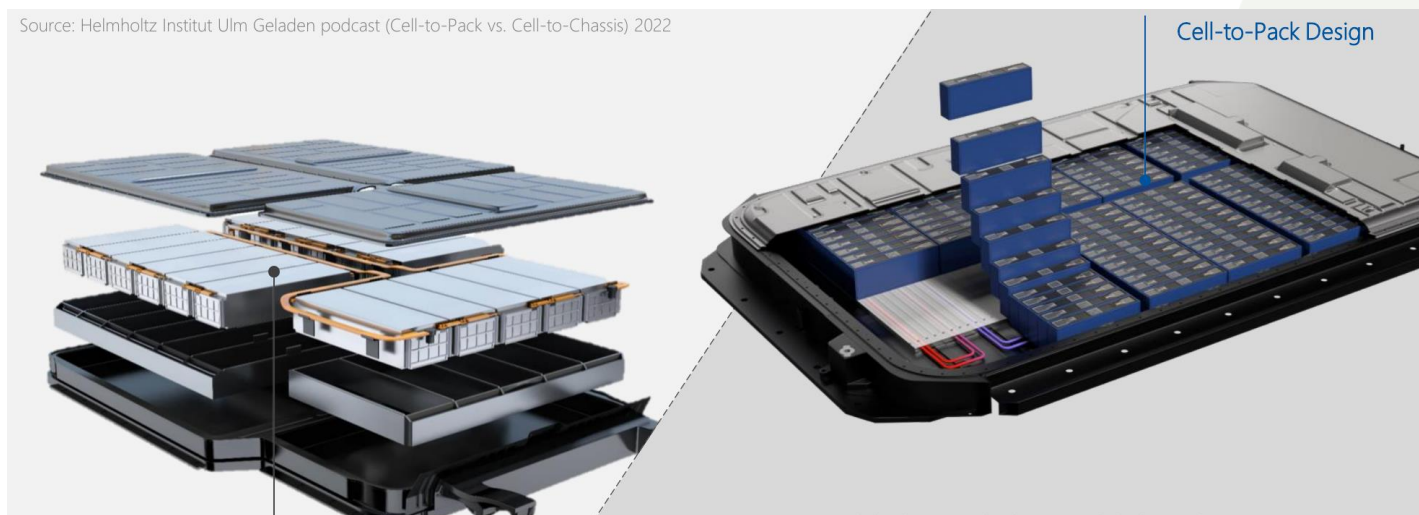


Prizmatik yacheykali modul

Elementlar bo'shliqsiz joylashtirilib, yopishtiruvchi plyonkalar yordamida biriktiriladi. To'ldirgichlar issiqlikni boshqarish, tebranishlarni kamaytirish va elementlarning shishishini cheklashga xizmat qiladi.

Batareya bloki arxitekturalari va kelajak tendensiyalari

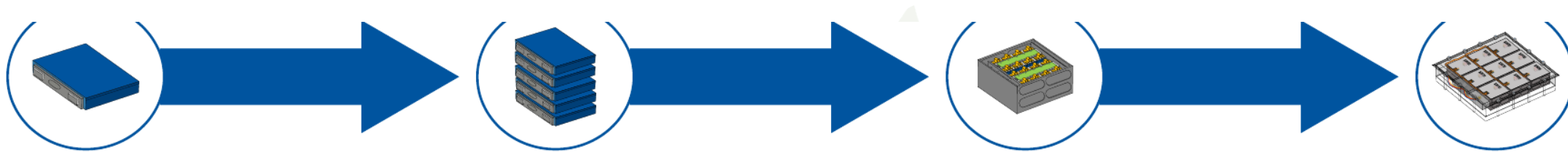
Source: Helmholtz Institut Ulm Geladen podcast (Cell-to-Pack vs. Cell-to-Chassis) 2022



Modulli tuzilishdan Cell-to-Pack texnologiyasigacha

- **Cell-to-Module-to-Pack (CtM-P)** — anʼanaviy modulli arxitektura. Texnik xizmat koʻrsatish oson, biroq qismlar soni va umumiy massa koʻproq boʻladi.
- **Cell-to-Pack (CtP)** — modul bosqichi bekor qilinib, akkumulyator elementlari toʻgʻridan-toʻgʻri batareya blokiga joylashtiriladi. Bu qismlar sonini kamaytirib, energiya zichligini oshiradi.
- **Cell-to-Chassis (CtC)** — akkumulyator elementlari avtomobilning konstruktiv tuzilmasiga bevosita integratsiya qilinadi. Bu eng yuqori energiya zichligini taʼminlaydi, biroq konstruksiya murakkabligini oshiradi.
- **Asosiy tendensiya:** qismlar sonini kamaytiradigan va energiya zichligini oshiradigan integratsiyalashgan konstruksiyalarga oʻtish.

Yig'ish liniyasining uchta bosqichi



Cell-to-Stack

Elementdan to'plamga

Akkumulyator elementlari to'plam yoki guruh shaklida birlashtiriladi. Partiya hajmi katta, jarayon vaqti esa qisqa bo'ladi.

Stack-to-Module

To'plamdan modulga

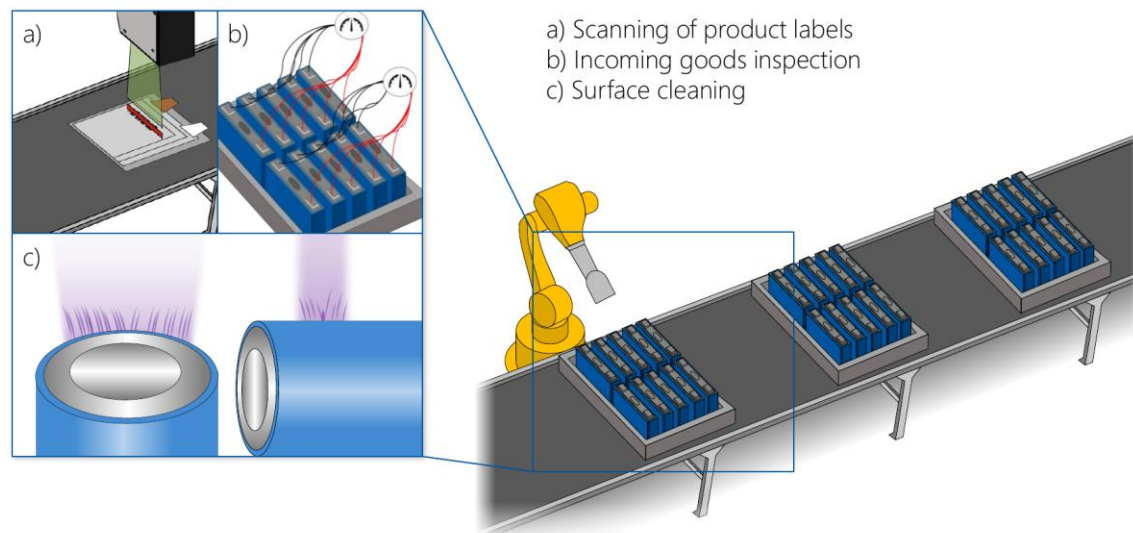
Elementlar to'plamlari modullarga yig'iladi. Partiya hajmi bosqichma-bosqich kamayadi; elektr ulanishlari bajarilgach, yuqori kuchlanish bilan bog'liq jarayonlar boshlanadi.

Module-to-Pack

Moduldan batareya blokiga

Modullar batareya blokiga integratsiya qilinadi. Bu bosqichda partiya hajmi eng kichik, sinovlar hajmi eng katta va jarayon davomiyligi eng uzun bo'ladi.

Ishlab chiqarish liniyasi boshidagi sinovlar



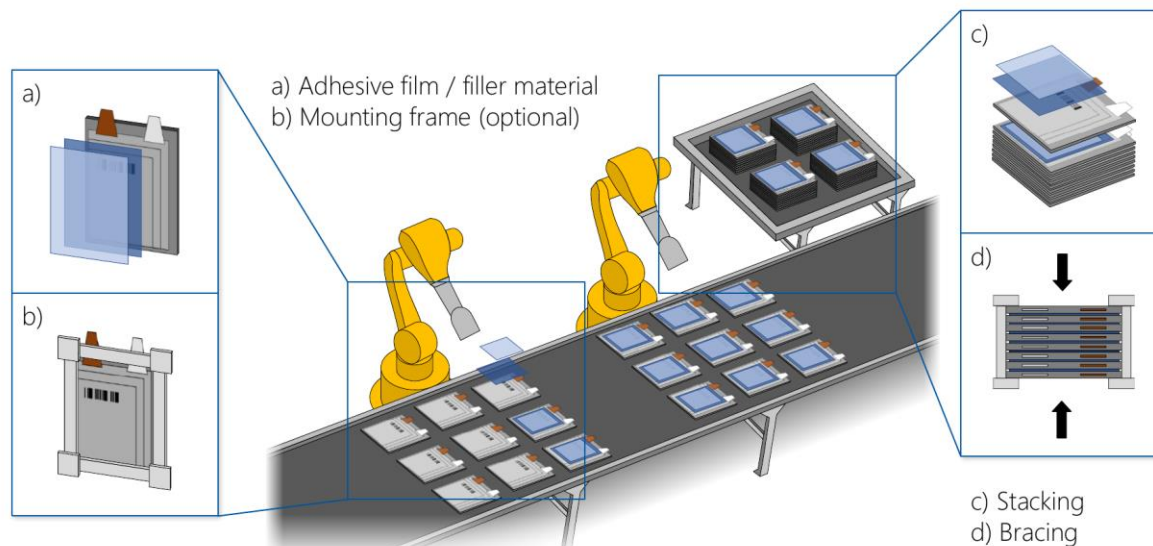
Jarayon

- Yetkazib berilgan akkumulyator elementlari konveyerga joylashtiriladi va ularning yorliqlari skanerlanadi — element modeli hamda DMC kodi qayd etiladi.
- Kirish nazorati jarayonida nuqsonli elementlar aniqlanib, ajratib olinadi. Bunda ochiq zanjir kuchlanishi (OCV), sig'im, ichki qarshilik va impedans tekshiriladi.

Sifat va kuzatuvchanlik

- Elementlar sifat ko'rsatkichlari bo'yicha tasniflanadi va har bir moduldagi sig'im muvozanatini ta'minlash uchun guruhlanadi.
- Keyingi yopishtirish jarayoni uchun sirtlar lazer, plazma yoki CO₂ qor oqimi yordamida tozalanadi va faollashtiriladi.

Akkumulyator elementlarini terish



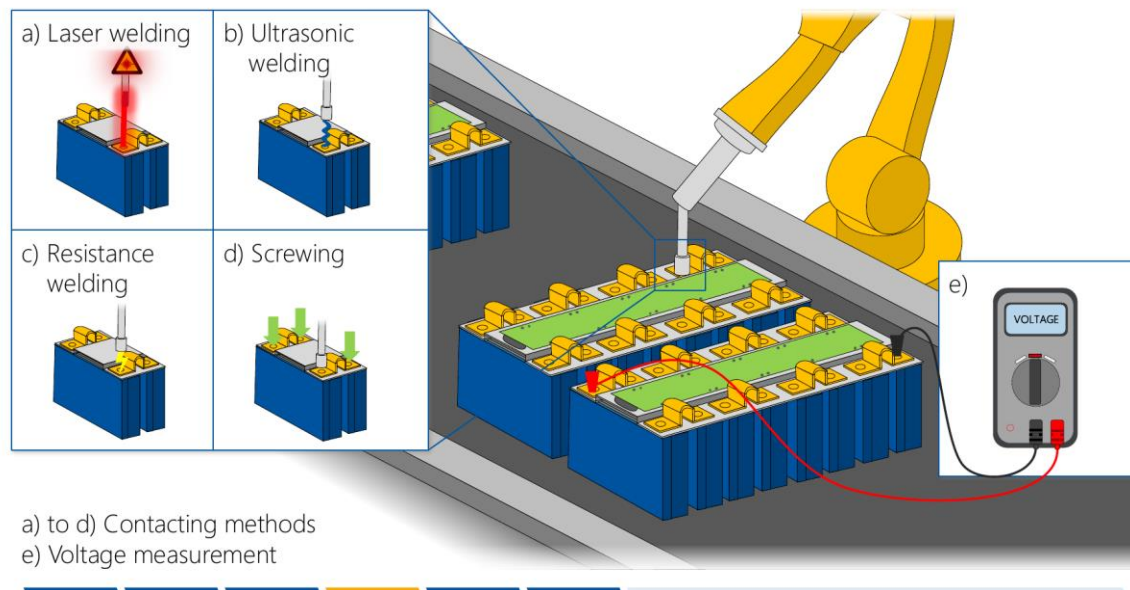
Jarayon

- Elementlarning kontakt chiqishlari oldindan bukiladi; tozalangan elementlarga yopishtiruvchi plyonka va issiqlik o'tkazuvchi to'ldirgich qo'llanadi.
- Elementlar belgilangan geometrik tartibda maxsus taxlash stolida birlashtiriladi — elementdan to'plamga (cell-to-stack) jarayoni amalga oshiriladi.

Asosiy jihatlar

- Ixtiyoriy ramalar yoki ushlagichlar elementlar orasidagi masofani belgilaydi hamda paket turidagi elementlarni himoya qiladi.
- Yakunda to'plam elementlarning shishishini cheklash uchun belgilangan yuza bosimigacha siqib mahkamlanadi.

Kontakt chiqishlarini ulash (elementlarni o'zaro ulash)



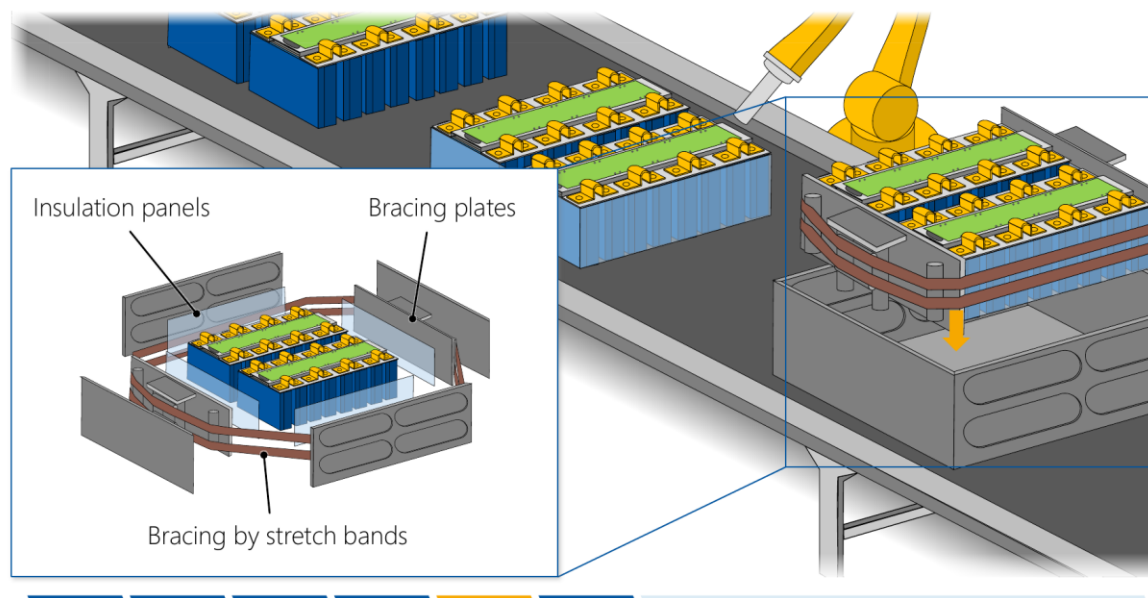
Jarayon

- Tok shinalari joylashtiriladi va modulning talab etilgan kuchlanishi hamda sig'imga erishish uchun elementlar ketma-ket va/yoki parallel ulanadi.
- Ulanishlar bajarilgach, ularning sifati tekshiriladi. Masalan, elektr qarshiligi o'lchanadi va payvand choklari optik nazoratdan o'tkaziladi.

Ulash usullari

- **Lazerli payvandlash** — moslashuvchan, jarayon sikli qisqa.
- **Ultrasonik payvandlash** — issiqlik ta'siri past.
- **Kontaktli qarshilik payvandlash** — yuqori darajada avtomatlashtirilishi mumkin.
- **Simli ulash (wire bonding)** — alohida element uchun himoya saqlagichi vazifasini ham bajaradi.

Siqib mahkamlash va modulni yakuniy yig'ish



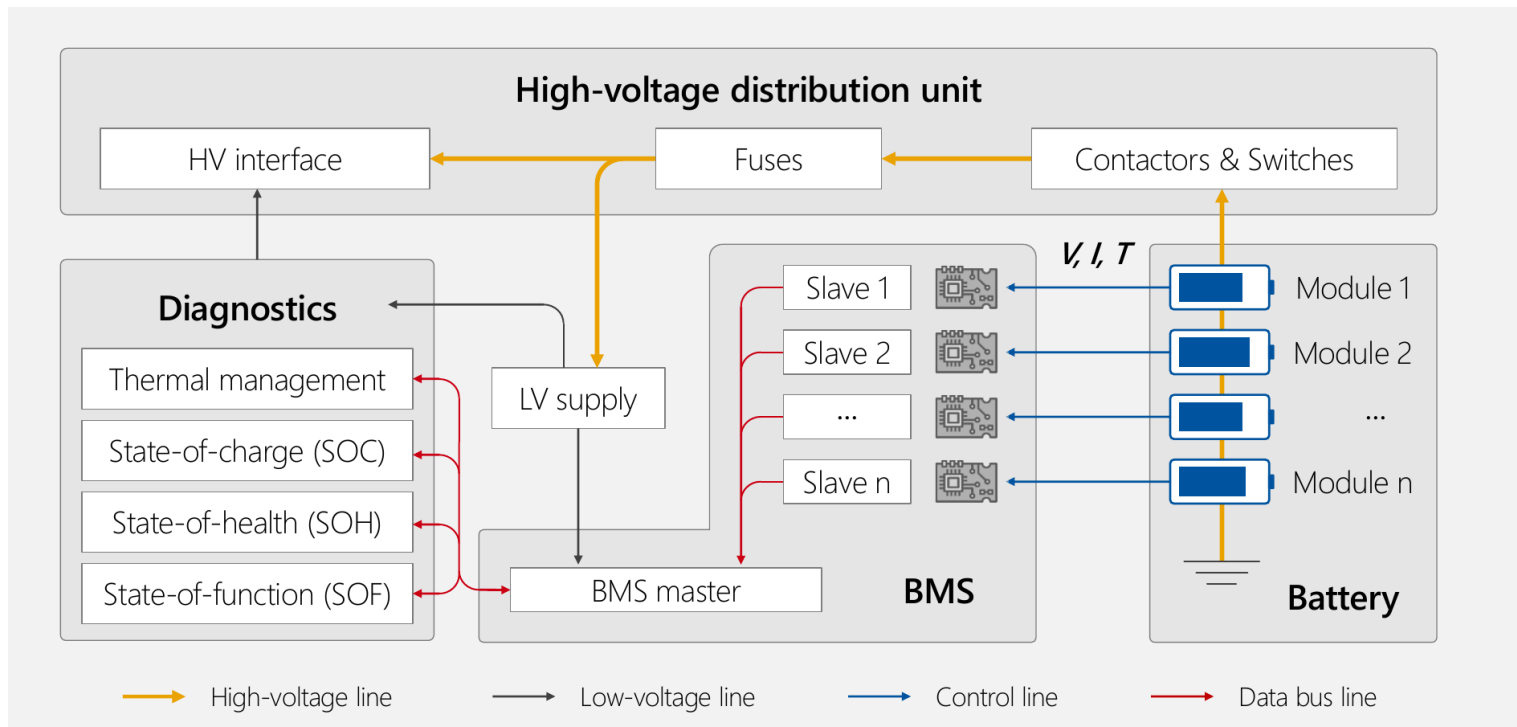
Siqib mahkamlash

- Elementlar to'plami siqib mahkamlanadi va izolyatsiya hamda issiqlik interfeys materiali (**TIM**) yordamida modul korpusiga o'rnatiladi.
- Issiqlik yoki yong'inning tarqalishini sekinlashtirish uchun yong'indan himoyalovchi yoxud issiqlik izolyatsion prokladkalar qo'shilishi mumkin.

Yakuniy yig'ish

- Simlar to'plami va ustki qopqoq o'rnatilib, modul germetik yopiladi.
- Ishlab chiqarish liniyasi yakunida modulning o'lchamlari, aloqa tizimi va datchiklari hamda germetikligi tekshiriladi. Shundan so'ng modulga yorliq qo'yiladi.

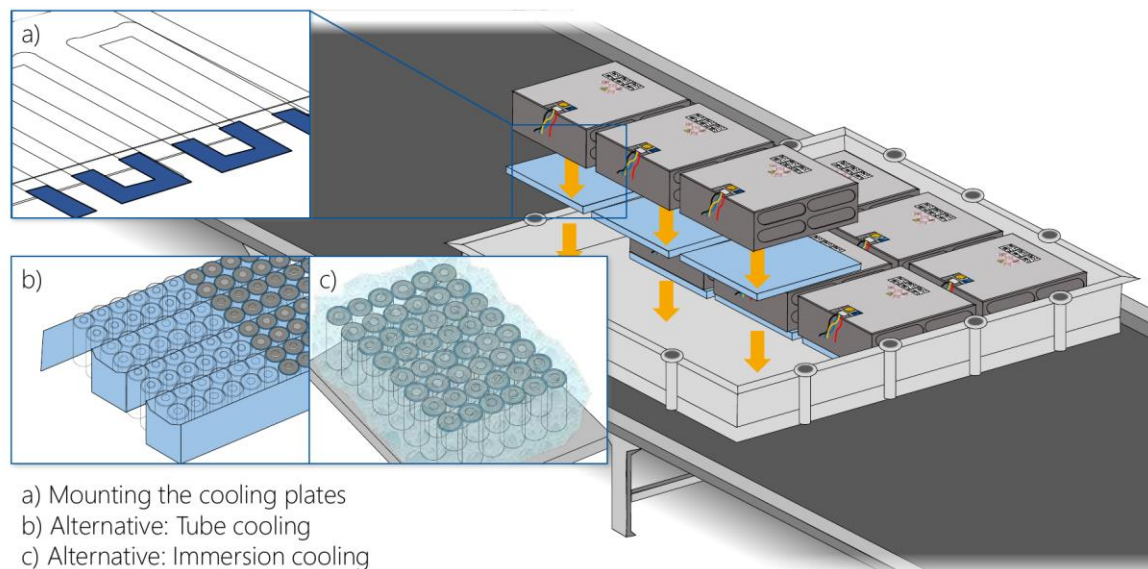
Batareya boshqaruv tizimi (BMS)



Batareya bloking “miyasi”

- Batareya bloki darajasidagi bosh boshqaruvchi va modul darajasidagi quyi boshqaruv platalari kuchlanish, tok hamda haroratni nazorat qiladi.
- Tizim zaryadlanganlik darajasi (**SOC**), texnik holat darajasi (**SOH**) va ishlash imkoniyati darajasini (**SOF**) baholaydi.
- BMS elementlar zaryadini muvozanatlashtiradi, samaradorlikni oshiradi va nosozlik yuz berganda yuqori kuchlanish xavfsizligi choralarini ishga tushiradi.
- **Asosiy tendensiya:** avtomobil tarmog'iga ulangan markazlashtirilmagan va simsiz BMS tizimlariga o'tish.

Modullarni o'rnatish va sovutish



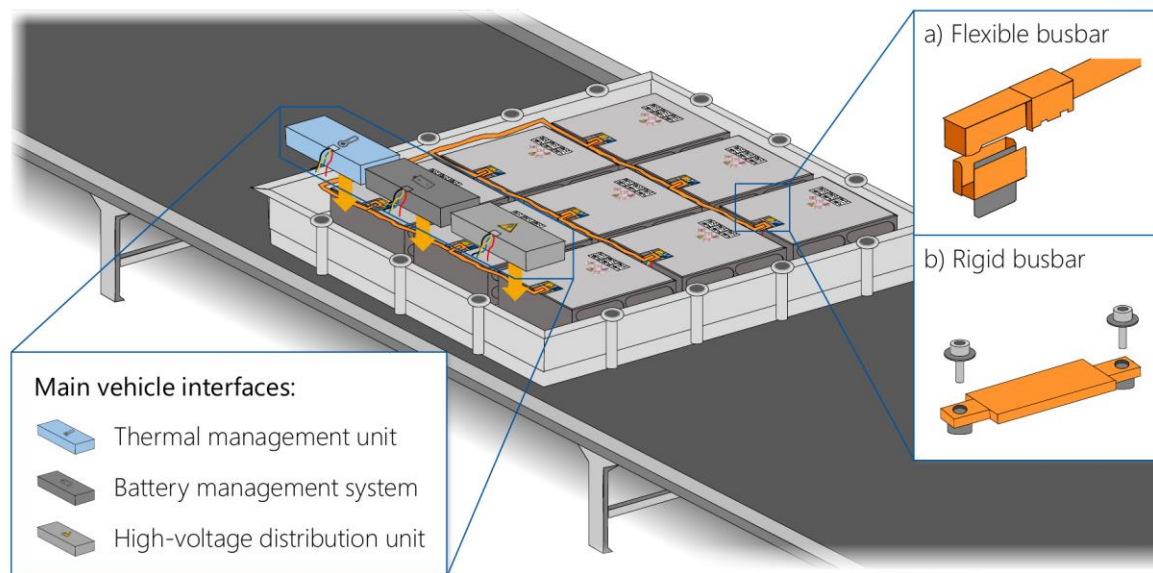
Jarayon

- Markazlashtirilgan yoki taqsimlangan sovutish tizimi o'rnatiladi, so'ng modullar robot manipulyatorining tutqichlari (**EOAT**) yordamida joylashtiriladi.
- Modullar vintlar yoki yopishtiruvchi material yordamida mahkamlanadi. Shundan so'ng zarbadan himoyalovchi konstruksiya va elektr saqlagichlari kabi xavfsizlik qismlari o'rnatiladi.

Issiqlik boshqaruvi va elektr ulanishlari

- Sovitish usullari: taglik plitasi orqali sovutish, oraliq sovutish plitalari, quvurli sovutish va suyuqlikka botirib sovutish.
- Elektr ulanish sxemasi qo'llanish sohasiga qarab farq qiladi. Masalan, **4S3P** yoki **6S3P**, bunda **S** — ketma-ket, **P** — parallel ulanish.

Ichki komponentlar, germetiklash va sizib chiqish sinovi



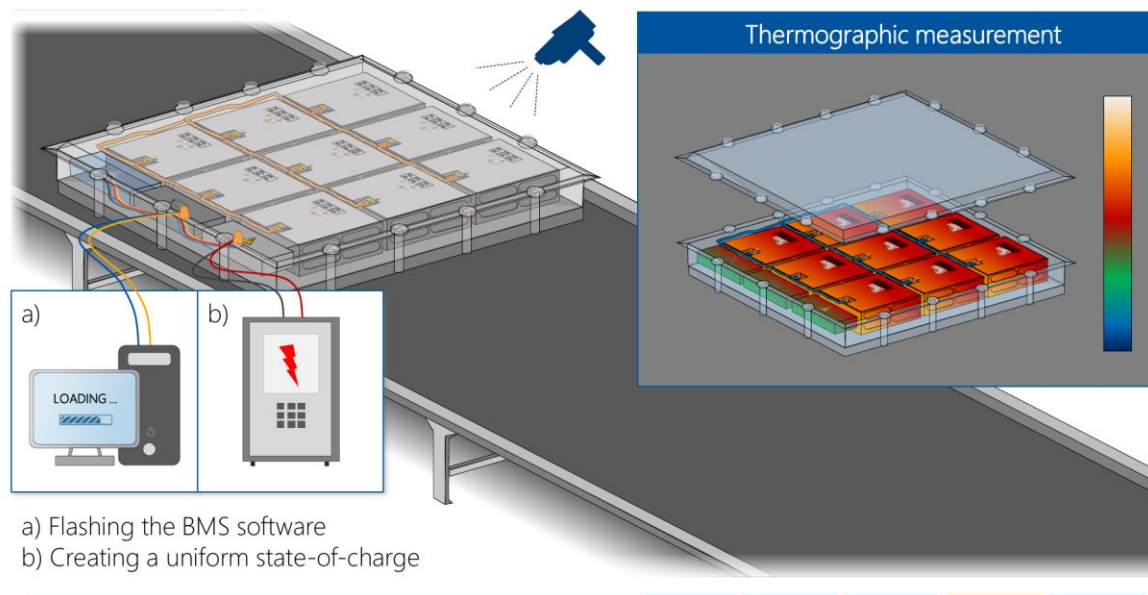
Ichki yig'ish

- Issiqlikni boshqarish bloki, yuqori kuchlanishni taqsimlash bloki — relelar, saqlagichlar va dastlabki zaryadlash qurilmasi — hamda BMS bosh boshqaruvchisi o'rnatiladi.
- Modullar egiluvchan yoki qattiq tok shinalari orqali o'zaro ulanadi; TIM yordamida izolyatsiya va issiqlik almashinuvi ta'minlanadi.

Germetiklash va sizib chiqish sinovi

- Zichlagichlar o'rnatilib, korpus qopqog'i mahkamlanadi. Yoriluvchi himoya diski ortiqcha bosimdan himoya qiladi.
- Korpus va sovitish konturining germetikligi differensial bosim yoki indikator gaz yordamida tekshiriladi.

Zaryadlash, dasturiy ta'minotni yuklash va yakuniy sinovlar



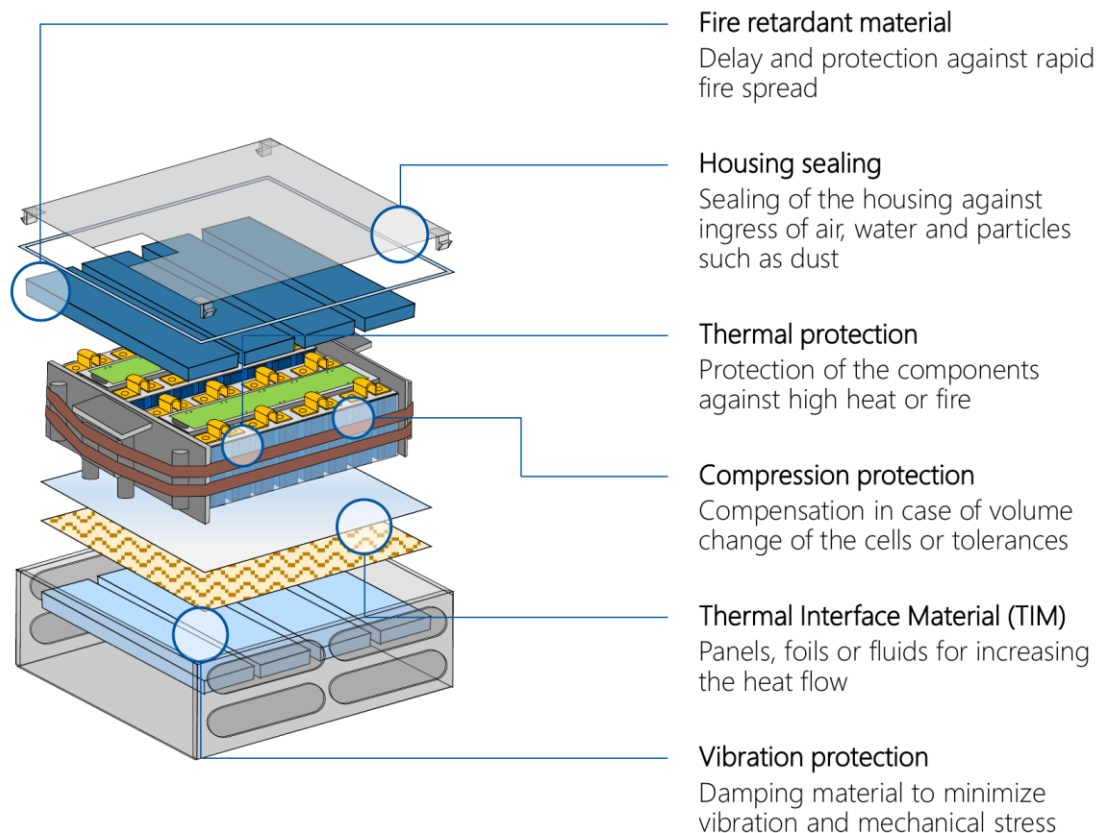
Zaryadlash va dasturiy ta'minotni yuklash

- BMSga dasturiy ta'minotning eng so'nggi versiyasi yuklanadi va barcha tizimlarning ishlashi tekshiriladi.
- Barcha akkumulyator elementlarida belgilangan va bir xil zaryadlanganlik darajasi (SOC) o'rnatiladi.

Ishlab chiqarish liniyasi yakunidagi sinovlar

- Termografiya yordamida zaryadlash jarayonida payvand birikmalari va batareya blokining issiqlik holati nazorat qilinadi.
- Yakuniy **EOL** sinovlari o'tkazilib, mahsulotga "**tasdiqlangan**" belgisi qo'yiladi. Shundan so'ng batareya bloki hujjatlashtiriladi va qadoqlanadi, masalan, **Batareya pasporti** rasmiylashtiriladi.

Modul va batareya bloklarini ishlab chiqarishdagi xavflar va xavfsizlik choralari



Ehtimoliy xavflar

- **Kimyoviy:** zaharli elektrolit yoki gazlar; namlik ta'sirida ftorid kislota hosil bo'lishi.
- **Issiqlik va mexanik:** termik qochish, yong'in hamda portlash xavfi.
- **Elektr:** xavfli yuqori kuchlanish, qisqa tutashuv va elektr yoyi oqibatidagi kuyishlar.

Xavfsizlik choralari

- **Texnik:** kontakt qopqoqlari, fotoelektrik xavfsizlik to'siqlari, yong'inga qarshi to'siqlar va zararli gazlarni chiqarish tizimi.
- **Tashkiliy:** belgilash, xavfsiz masofalarni saqlash va favqulodda vaziyatlarda harakatlanish tartiblari.
- **Shaxsiy:** izolyatsiyalangan yuqori kuchlanish asboblari, maxsus tayyorgarlik, shaxsiy himoya vositalari va birinchi yordam.

ASOSIY XULOSALAR

- 1 **Ishlab chiqarish jarayoni element → to'plam → modul → batareya bloki ketma-ketligida amalga oshiriladi. Jarayon davomida partiya hajmi kamayib, sinovlar ko'lami ortib boradi.**
- 2 **Modul ishlab chiqarish bosqichlari: kirish nazorati, elementlarni taxlash, kontakt chiqishlarini ulash va payvandlash, siqib mahkamlash hamda yakuniy yig'ish.**
- 3 **Batareya blokini ishlab chiqarish bosqichlari: modullarni o'rnatish va sovitish, ichki komponentlar hamda tok shinalarini joylashtirish, germetiklash va sizib chiqishni tekshirish, zaryadlash, dasturiy ta'minotni yuklash va yakuniy EOL sinovlari.**
- 4 **Batareyani boshqarish tizimi (BMS), issiqlikni boshqarish va xavfsizlik muhandisligi samaradorlik, yurish masofasi hamda xavfsiz ishlab chiqarishni ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.**

Manba

PEM of RWTH Aachen University & VDMA (Eds.). *Production Process of Battery Modules and Battery Packs*. 4th ed., Frankfurt am Main, July 2023. ISBN 978-3-947920-45-7. Authors: H. H. Heimes, B. Dorn, D. Neb, H. Clever, A. Scheibe (PEM); S. Michaelis, J. Schütrumpf (VDMA). pem.rwth-aachen.de · vdma.org

Ishlatilgan adabiyotlar

PEM of RWTH Aachen University & VDMA (Eds.). *Production Process of Battery Modules and Battery Packs*. 4th ed., Frankfurt am Main, July 2023. ISBN 978-3-947920-45-7. Authors: H. H. Heimes, B. Dorn, D. Neb, H. Clever, A. Scheibe (PEM); S. Michaelis, J. Schütrumpf (VDMA). pem.rwth-aachen.de · vdma.org

<https://www.pem.rwth-aachen.de/cms/pem/~fecs/studium/lidx/1/>

https://www.pem.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaabdqbtik

<https://battery-news.de/en/2026/02/12/pem-and-vdma-update-guide-to-battery-cell-production/>

https://vdma-branchenfuehrer.de/fileadmin/battprod/downloads/VDMA_Batterieproduktion_Roadmap_2023_EN_1_.pdf