

# AZ E-MOBILITÁS SZERELÉSTECHNOLÓGIAI KIHÍVÁSAI

DR. MOLNÁR LÁSZLÓ MILÁN  
ROBERT BOSCH KFT.

# Az e-mobilitás szereléstechológiai kihívásai

## Tartalom

- ▶ Bevezetés:
  - ▶ Az elektromos hajtások kategóriái
  - ▶ A szereléstechológiai kihívások sokrétősége – a terhelések szempontjából
  - ▶ A szereléstechológia elhelyezése a megbízhatóság V-modelljében
- ▶ Esettanulmány: megbízható forrasztott kötés a fékenergiavisszanyerő rendszerben
  - ▶ Passzív komponens esetében: MLCC
  - ▶ Aktív komponens esetében: MOSFET

# Az e-mobilitás szereléstechológiai kihívásai

## A termék és az elektronikus/mechanikai kötés megbízhatósága

- ▶ A megbízhatóság = a termék a
  - ▶ Funkcióit maradéktalanul betölti
  - ▶ A megadott terhelések alatt,
  - ▶ A megadott üzemeltetési időben,
  - ▶ A megadott valószínűséggel.

A hibát a funkciótól való eltérés definiálja (hibakritérium)

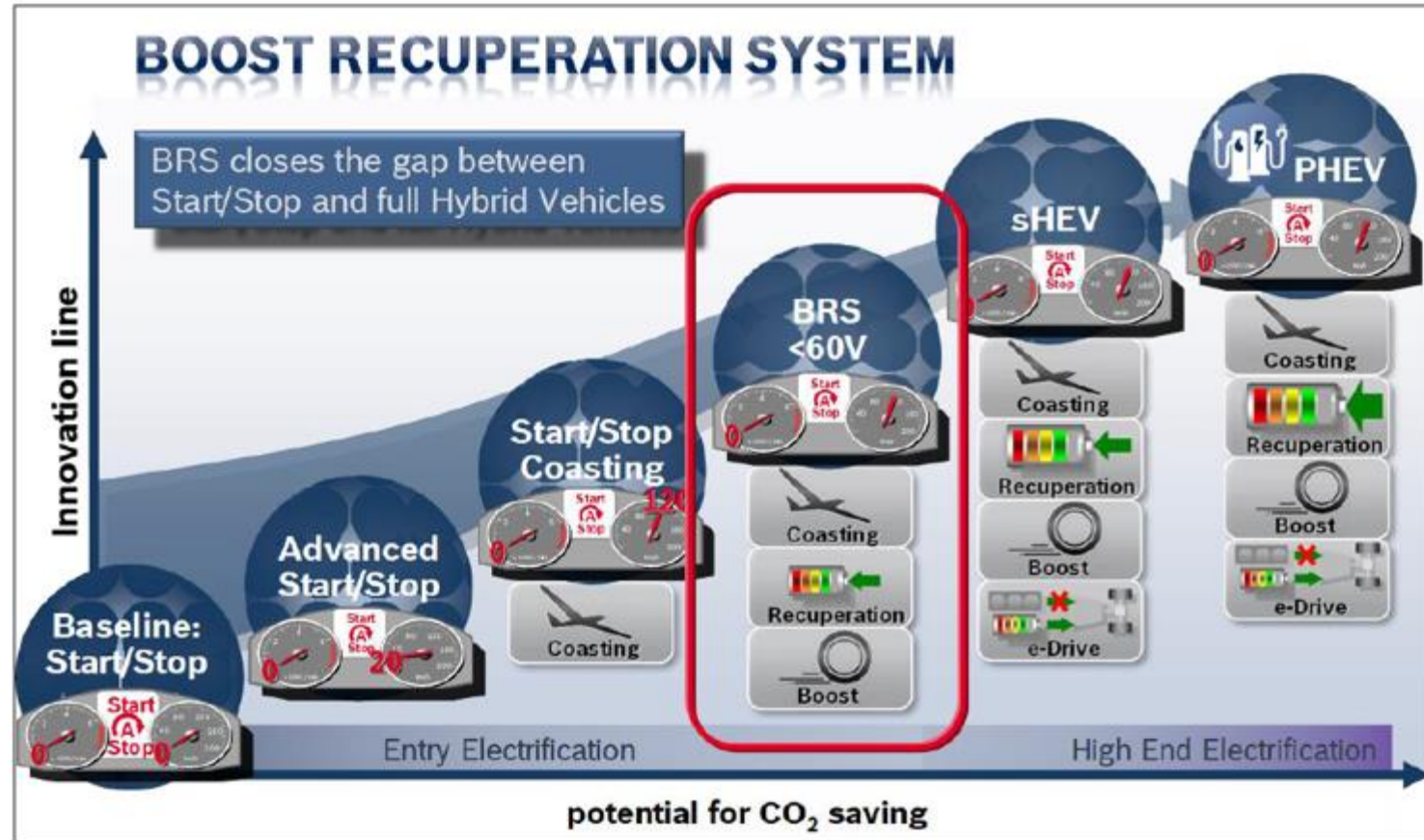
Részben vagy egészben elektromos gépjárműnél:

- ▶ **A funkció** kibővül a nagy elektromos teljesítmény kezelésével (pl. inverterek, hűtés)
- ▶ **Terhelés:** jelentősen megváltozik, elsősorban a termikus, és termomechanikus
- ▶ **Üzemeltetési idő:** a kb. 10.000 óra helyett 40.000 óra (töltési periódus is üzemeltetés!)

A változás mértéke attól függ, hogy az elektromos hajtások melyik evolúciós lépcsőjéről van szó.

# Az e-mobilitás szereléstechológiai kihívásai

## Az autóiipari e-mobilitás evolúciója



Full electrical

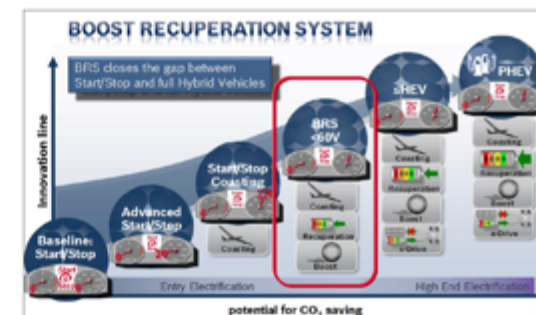




# Az e-mobilitás szereléstechológiai kihívásai

## Az autóiipari e-mobilitás evolúciója

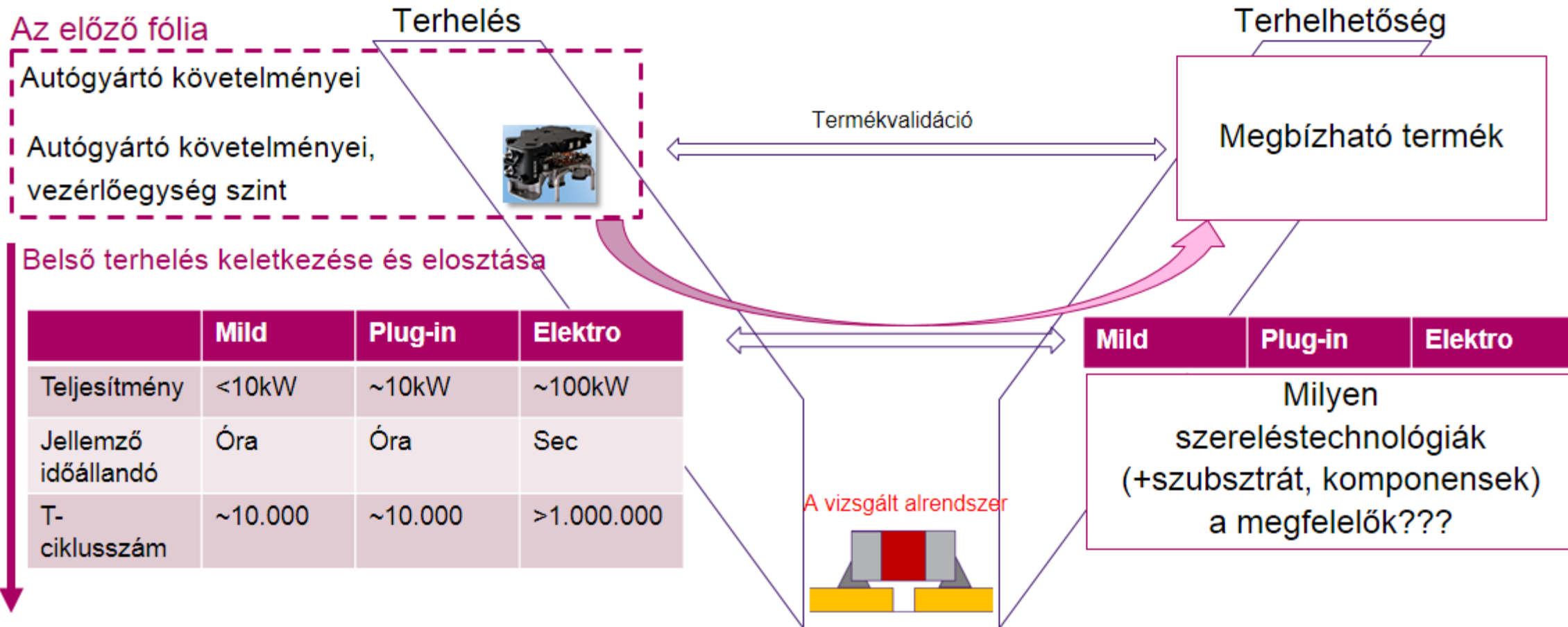
- Motortéri beépítés esetében a különböző evolúciós lépcsők követelményei közötti kvalitatív eltérés a vezérlőegységre kívülről ható terhelések szempontjából:



| „Külső” terhelés              | „Mild” hibrid                                              | Plug-in hibrid                                             | Teljesen elektromos                                 |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Üzemidő                       | Kb. 10000 óra (vezetés)                                    | Kb. 10000 óra (vezetés) +<br>Kb. 30000 óra (töltés)        | Kb. 10000 óra (vezetés) +<br>Kb. 30000 óra (töltés) |
| Meghatározó termikus terhelés | Jármű környezete +<br>Belső égésű motor hulladékhője       | Jármű környezete +<br>Belső égésű motor hulladékhője       | Jármű környezete                                    |
| Termo-mechanikus terhelés     | Időálló: néhány óra<br>Hőmérséklet-emelkedés: 80°C – 160°C | Időálló: néhány óra<br>Hőmérséklet-emelkedés: 80°C – 160°C | Időálló: néhány óra<br>Hőmérséklet-emelkedés: <50°C |
| Mechanikai terhelés           | Hajtás alternáló mozgása +<br>külső mechanikai gerjesztés  | Hajtás alternáló mozgása +<br>külső mechanikai gerjesztés  | Külső mechanikai gerjesztés                         |
| ...                           | ...                                                        | ...                                                        | ...                                                 |

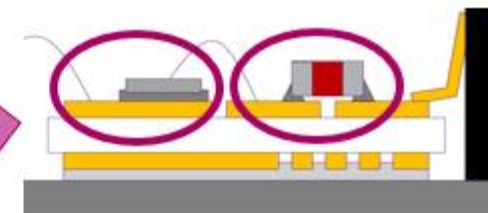
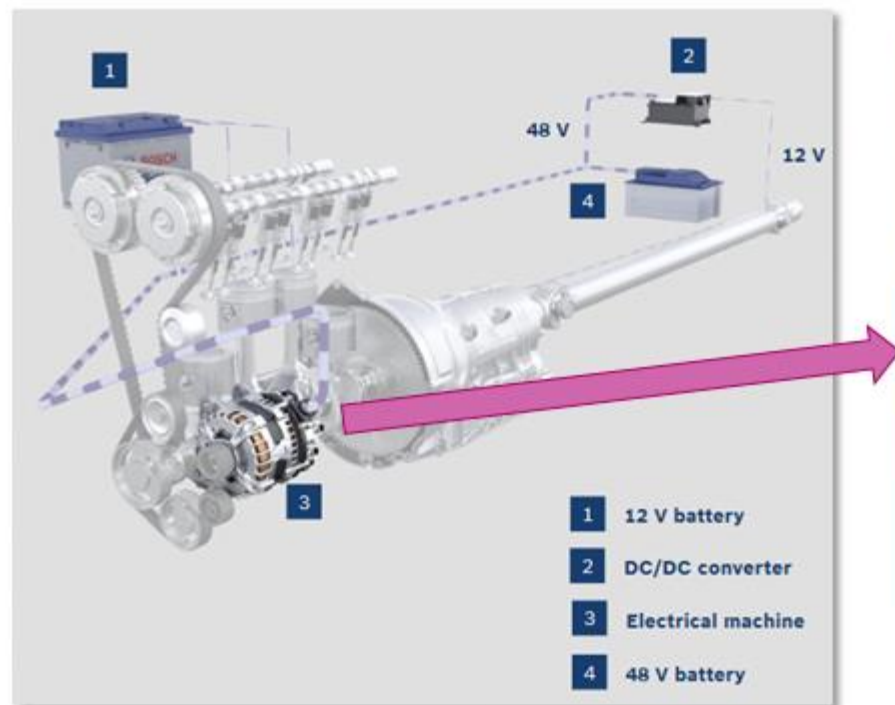
# Az e-mobilitás szereléstechológiai kihívásai

## A megbízhatóság V-modellje



# Az e-mobilitás szereléstechológiai kihívásai

## Belépő hibridhajtás: Fékenergia-visszanyerés és „boost” rendszer



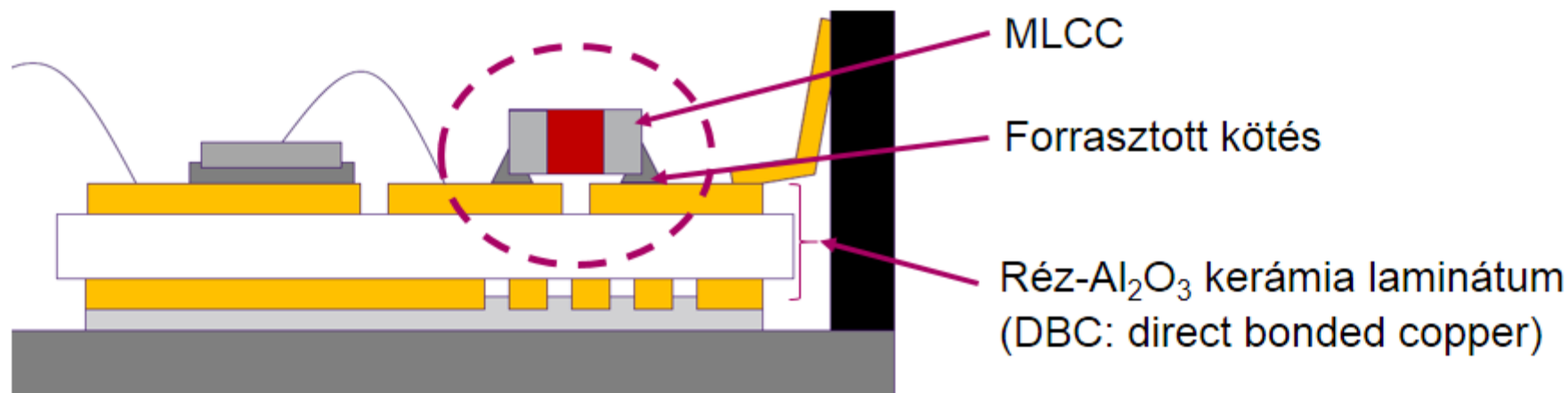
[https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/media/migrated\\_download/de/BRS\\_Broschuere\\_RZ\\_en.pdf](https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/media/migrated_download/de/BRS_Broschuere_RZ_en.pdf)

# TÖBBRÉTEGŰ KERÁMIA KONDENZÁTOR (MLCC) FORRASZTÁSA



# Többrétegű kerámia kondenzátor (MLCC) forrasztása

## Passzív alkatrész környezetének funkciói



|                  | Funkciók                              | Hibakritériumok                                            |
|------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Alkatrész (MLCC) | C, R                                  | C, R drift (pl. repedés miatt)                             |
| Forrasztás       | Elektromos vezetés, mechanikai tartás | Ellenállás növekedés, letolási erő csökkenés (pl. repedés) |
| DBC réz          | Elektromos vezetés                    | Vezetőképesség csökkenés                                   |
| DBC kerámia      | Elektromos szigetelés                 | Vezetőképesség növekedés                                   |

# Többrétegű kerámia kondenzátor (MLCC) forrasztása

## Stratégia I: Terhelés csökkentése

- ▶ Forrasztásra ható ciklikus mechanikai terhelés az alkatrész és a szubsztrát közötti hőtágulási különbségből adódik. Lehetőségeink:
  - ▶ Alapanyag (CTE) változtatás
  - ▶ Geometriai változtatás (pl. réz mintázat)



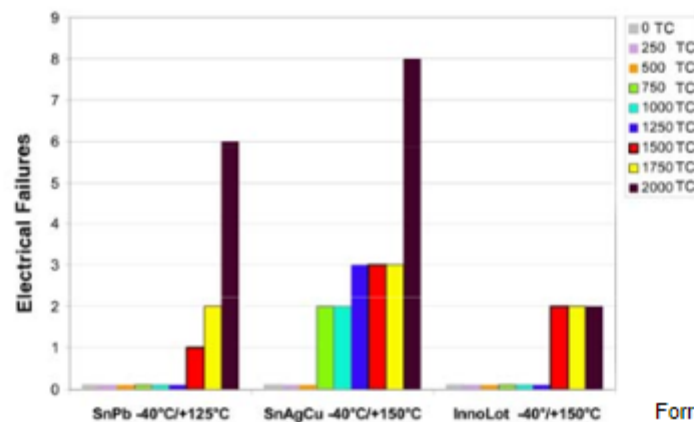
# Többrétegű kerámia kondenzátor (MLCC) forrasztása

## Stratégia II: Terhelhetőség növelése

- ▶ A alkatrész-forrasztás-szubsztrát rendszert egyben kell vizsgálni!
- ▶ Magas termomechanikai ellenállóképességű forrasztanyag választása
  - ▶ Hibakritérium a termékvalidáció alatt: repedés mérése

| Alloy                                           | Melting temperature<br>[°C] | Powder type and particle size in [µm] |                |                | Density<br>[g/m³] | Recommended for |                     | Remark                                                    |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                                 |                             | 3<br>[25 – 45]                        | 4<br>[20 – 38] | 5<br>[15 – 25] |                   | PCB             | ceramic<br>circuits |                                                           |
| Lead-free, SnAg based                           |                             |                                       |                |                |                   |                 |                     |                                                           |
| InnoRel Innolot®<br>SnAg3.5Cu0.7Ni0.125Sb1.5Bi3 | 206 – 218                   | +                                     | +              | 0              | 7,5               | +               |                     | superior reliability<br>high field operating temperatures |
| InnoRel HT1<br>SnAg2.5Cu0.5In2KM <sup>2)</sup>  | 206 – 218                   | +                                     | 0              | 0              | 7,4               |                 | +                   | superior reliability<br>high field operating temperatures |

Forrás:  
[https://www.heraeus.com/media/media/het/doc\\_het/products\\_and\\_solutions\\_het\\_documents/solder\\_materials\\_docs/Brochure\\_Automotive\\_and\\_Industrial.pdf](https://www.heraeus.com/media/media/het/doc_het/products_and_solutions_het_documents/solder_materials_docs/Brochure_Automotive_and_Industrial.pdf)

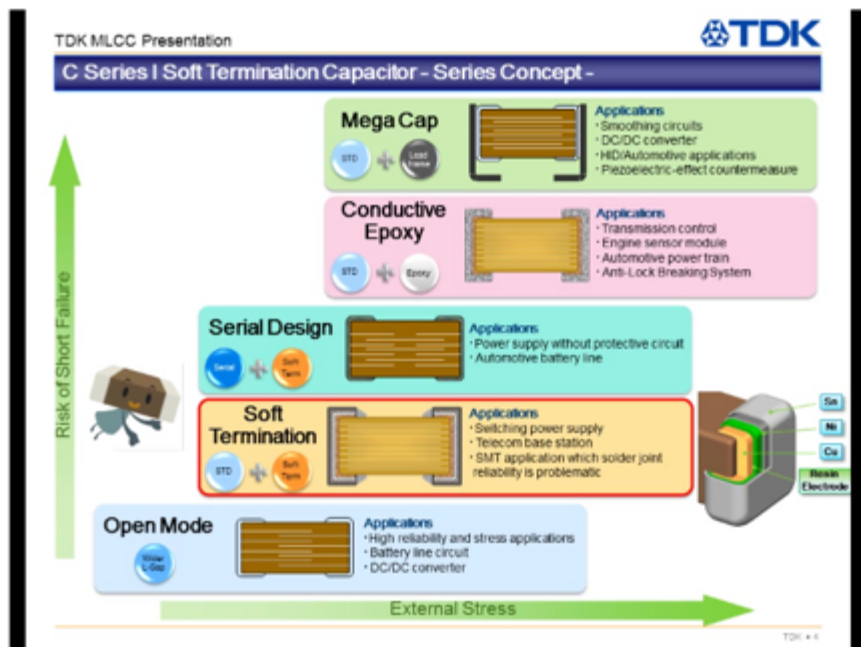


Forrás:  
[http://www.circuitinsight.com/pdf/development\\_lead\\_free\\_alloy\\_ipc.pdf](http://www.circuitinsight.com/pdf/development_lead_free_alloy_ipc.pdf)

# Többrétegű kerámia kondenzátor (MLCC) forrasztása

## Stratégia II: Terhelhetőség növelése

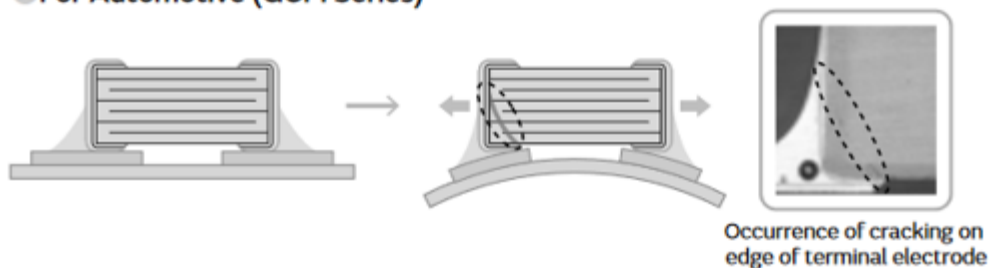
### ► Növelt élettartamú alkatrésztípusok használata



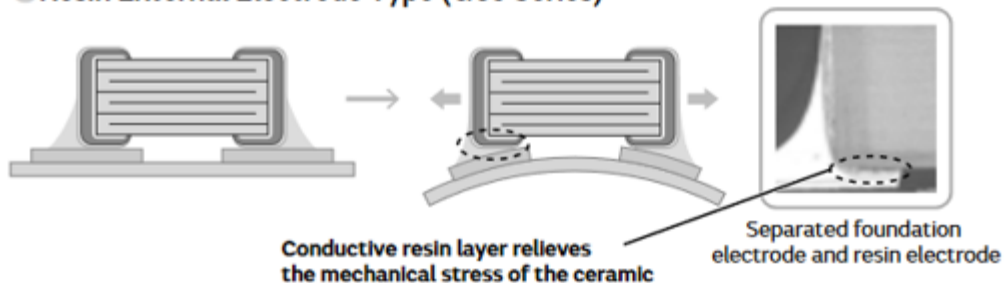
Forrás:

<https://product.tdk.com/info/en/products/capacitor/ceramic/mlcc/technote/tpo/tpo00005.html>

#### ● For Automotive (GCM Series)



#### ● Resin External Electrode Type (GCJ Series)

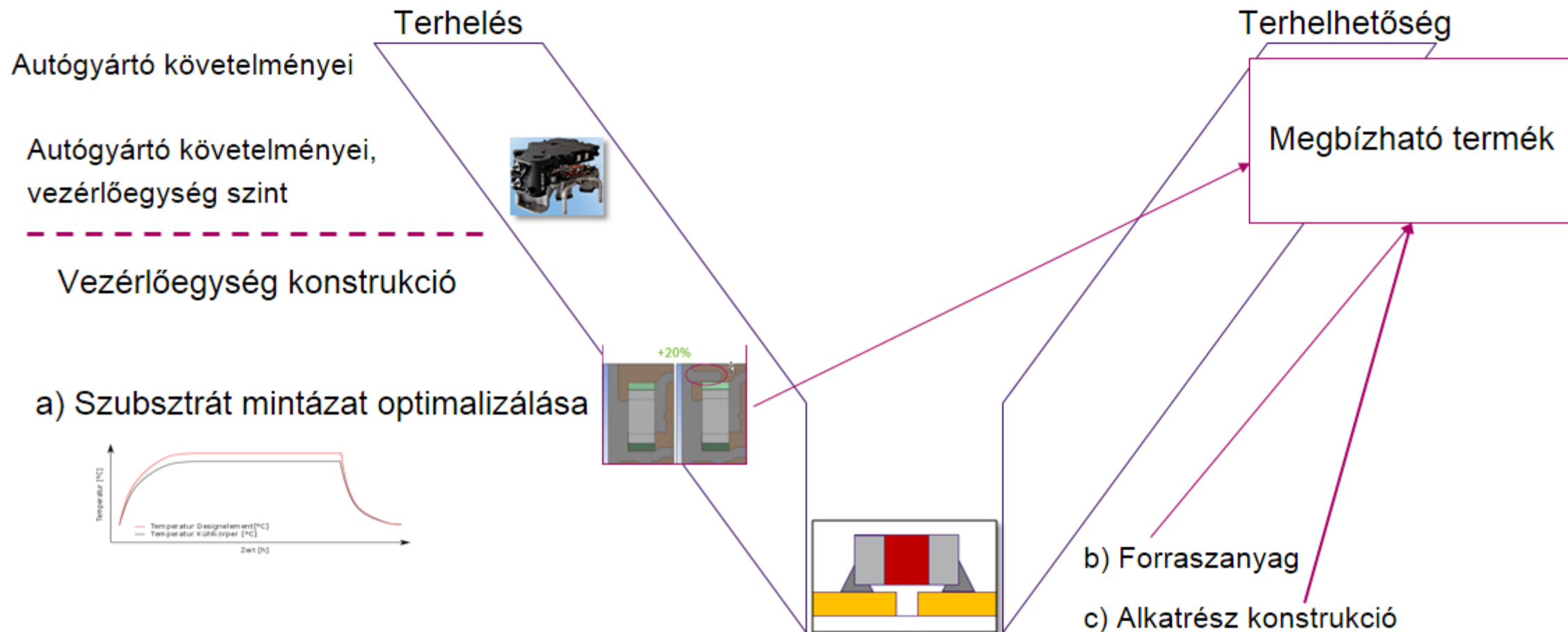


Forrás:

<https://www.murata.com/~media/webrenewal/support/library/catalog/products/capacitor/mlcc/c03e.ashx>

# Többrétegű kerámia kondenzátor (MLCC) forrasztása

## Megbízhatóság növelésének lehetőségei - összefoglalás

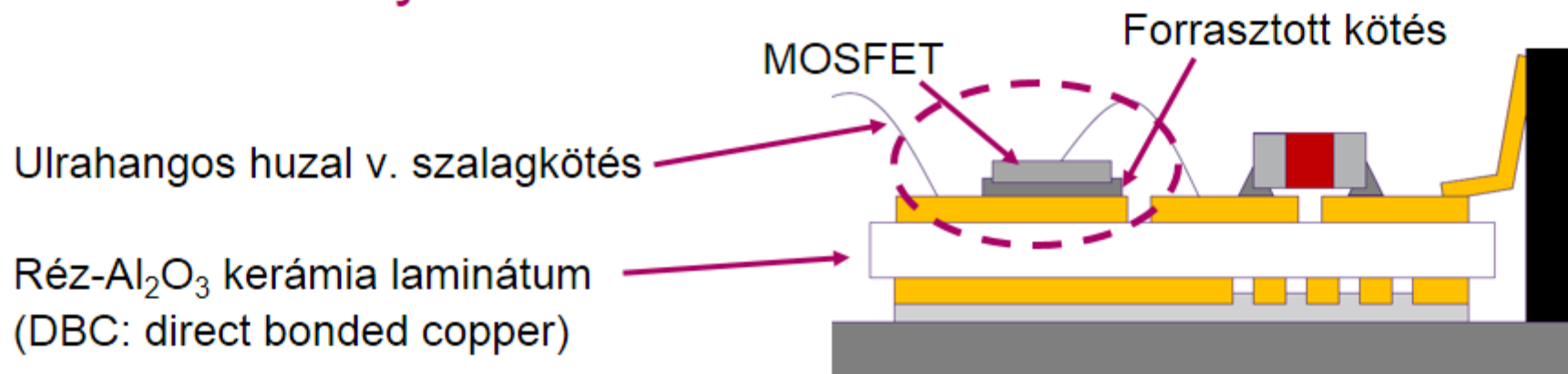




# MOSFET FORRASZTÁSA

# MOSFET forrasztása

## Aktív alkatrész környezetének funkciói



|                      | Funkciók                                                | Hibakritériumok                                                                                                                       |
|----------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alkatrész (MOSFET)   | Tranzisztor                                             | (nem kritikus)                                                                                                                        |
| <b>Forrasztás</b>    | <b>Elektromos vezetés, mechanikai tartás, hővezetés</b> | <b>Ellenállás növekedés, letolási erő csökkenés (pl. repedés), komplex termikus ellenállás növekedése (<math>Z_{th}</math> drift)</b> |
| Huzal v. szalag (Al) | Elektromos vezetés                                      | „Ellenállás növekedés” = lift-off                                                                                                     |
| DBC réz              | Elektromos vezetés                                      | Vezetőképesség csökkenés                                                                                                              |
| DBC kerámia          | Elektromos szigetelés                                   | Vezetőképesség növekedés                                                                                                              |

# MOSFET forrasztása

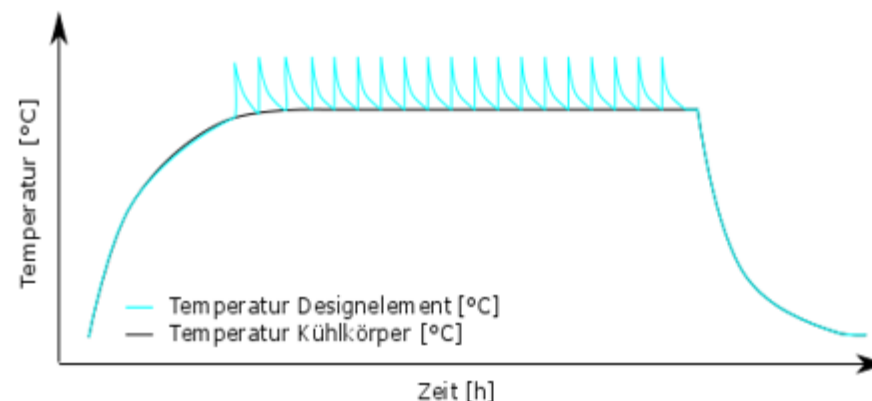
## A forrasztott kötés élettartam-modelljének érvényessége

### ► Hagyományosan a forrasztott kötés élettartam-modelljeinek az érvényességi köre:

- Termomechanikus terhelés,
  - alacsony ciklusszámmal (teszt: ~1000-3000, field: ~10000),
  - magas hőmérséklet-emelkedéssel (teszt: ~165-190K, field: ~80-160K).
- Hibakritérium: repedés megjelenése / kiterjedése

### ► **Probléma:** a konkrét MOSFET-nél

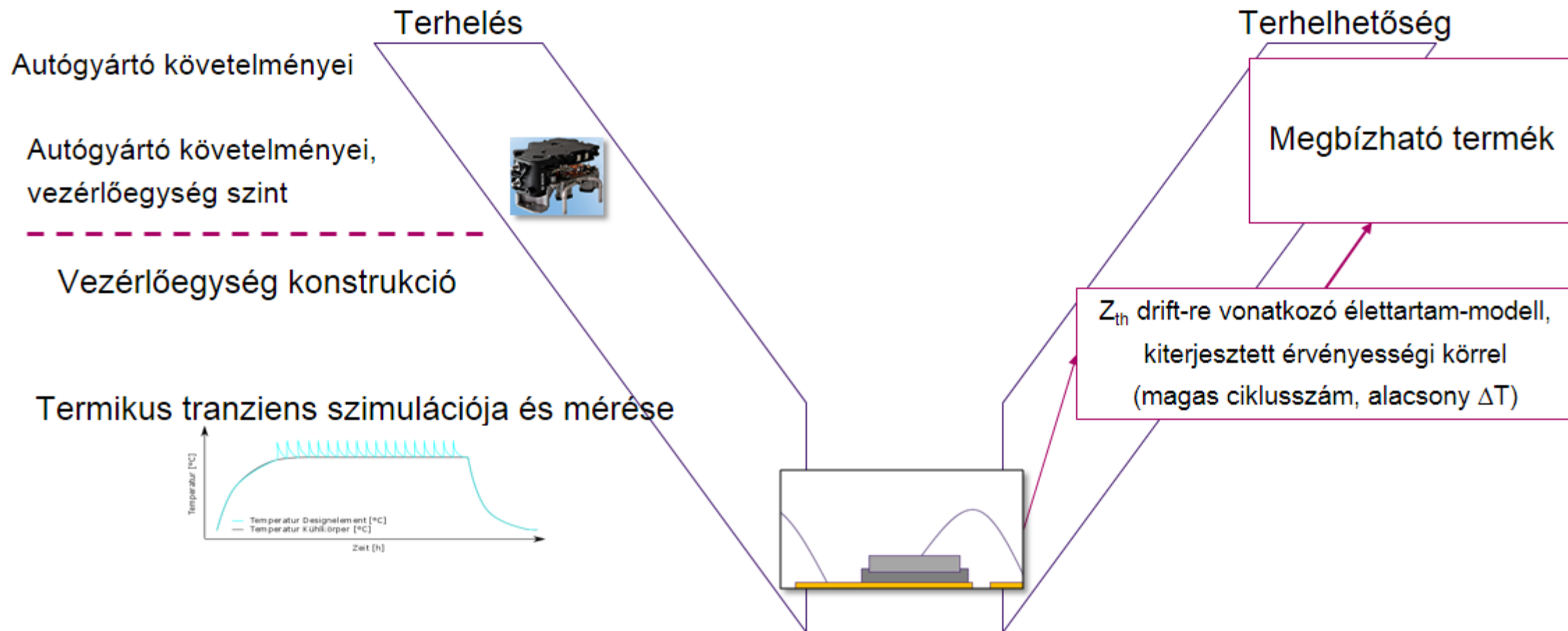
- Terhelés:
  - Nagyon magas ciklusszám (~100.000-1.000.000)
  - alacsony hőmérséklet-emelkedéssel (~5K)
- Hibakritérium:  $Z_{th}$  drift



**Az élettartam-modell érvényességi határait ki kell terjeszteni!**

# MOSFET forrasztása

## Megbízhatóság újraértékelése (revalidáció)



# ÖSSZEFOGLALÁS



# Az e-mobilitás szereléstechológiai kihívásai

## Összefoglalás

- ▶ A terhelések és az elektronikus vezérlőegységek/modulok funkciójának rendszerszintű megváltozása miatt újra kell értékelni a megszokott technológiák megbízhatóságát, és szükség esetén javítani kell azokat.
- ▶ DE! A tapasztalat az, hogy a szereléstechológia megbízhatósági szempontú optimalizálása nem elegendő.
  - ▶ Egyéb, akár konstrukcióbeli változtatásokat is be kell vetni



- ▶ A technológia fejlesztőjének ismernie kell a V-modellben rejlő lehetőségeket:
  - belső terheléelosztás lehetősége,
  - Terhelhetőség javításának különböző szintjei
  - ...

**Köszönöm a figyelmet!**