

Súrlódó fékek teljesítmény és élettartam korlátjai

**KTE Közlekedéstechnikai Napok -
Vasúti Féktechnika 05.12.2018**

Tartalom

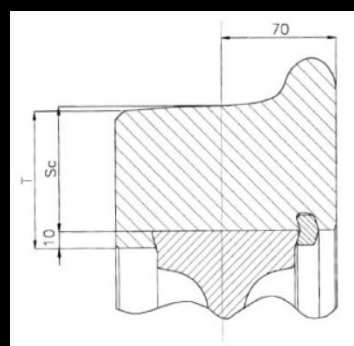
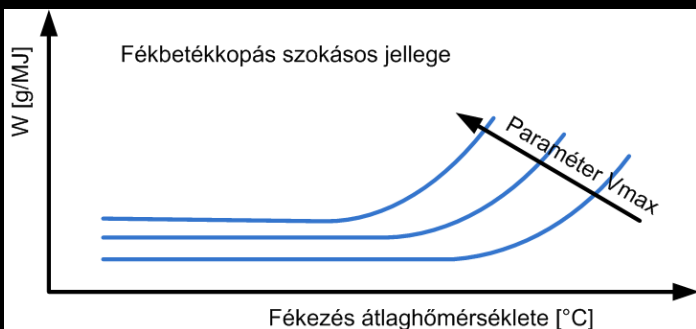
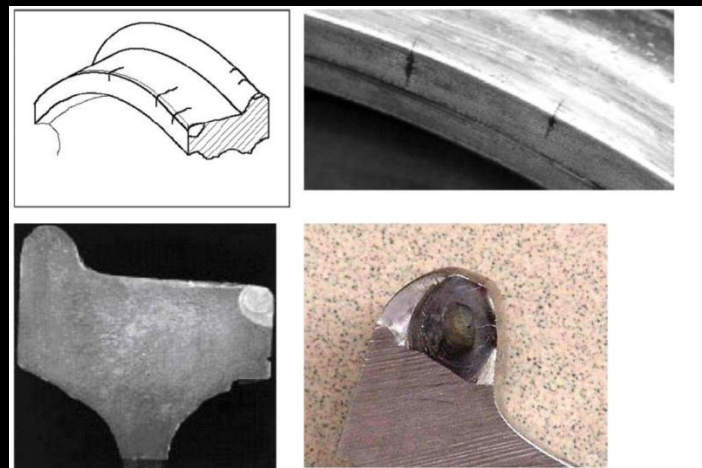
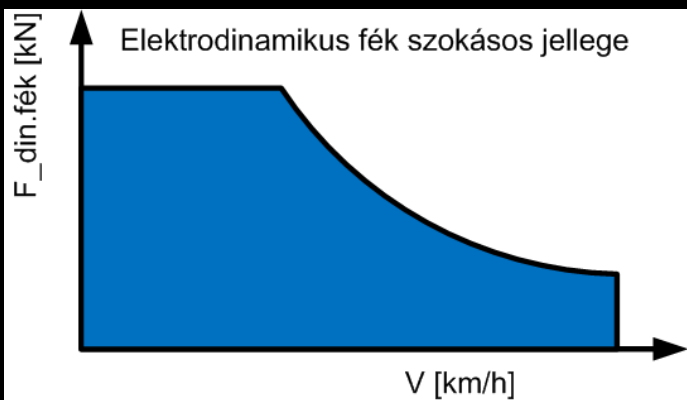
- **Bevezetés**
- **Blending: a dinamikus fék kiegészítésére tervezett súrlódásos fék**
- **Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések**
- **A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell**
-
- **A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága**
-
- **Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre**

Tartalom



- **Bevezetés**
- **Blending: a dinamikus fék kiegészítésére tervezett súrlódásos fék**
- **Hőmegosztás**
- **Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések**
- **A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell**
-
- **A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága**
-
- **Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre**

Bevezetés: - Vonatban több (sok) energia átalakító hely van egyedi korlátaikkal



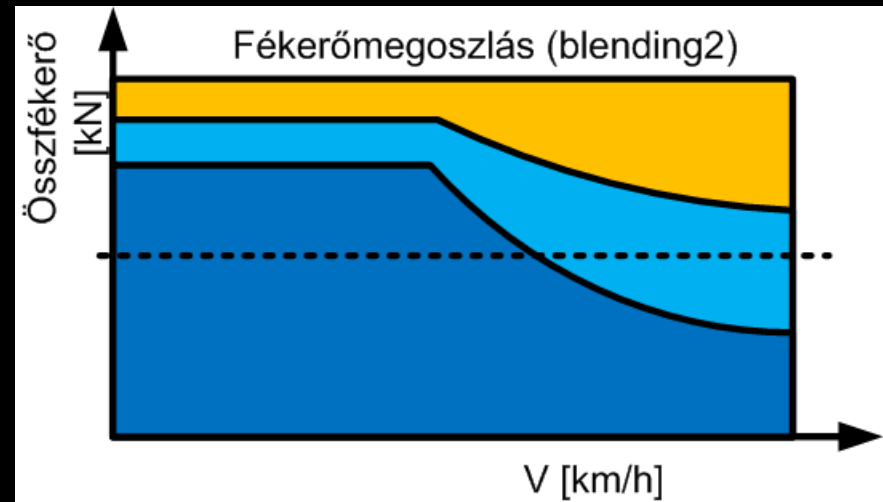
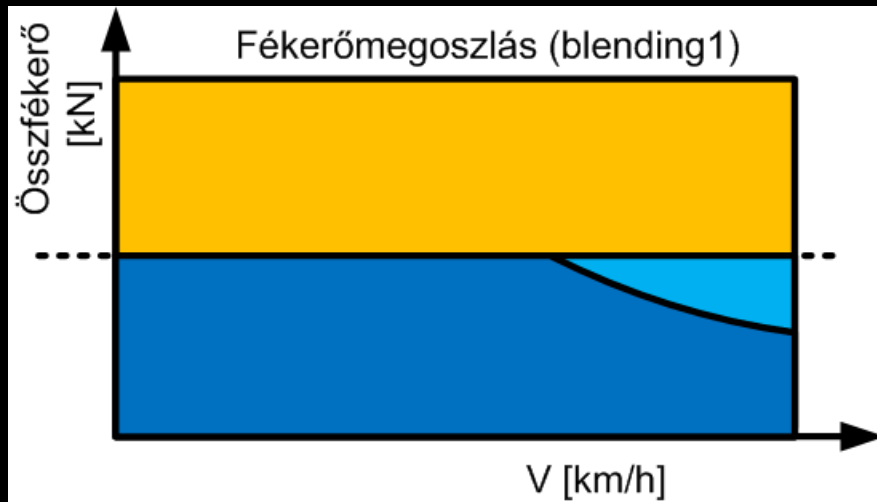
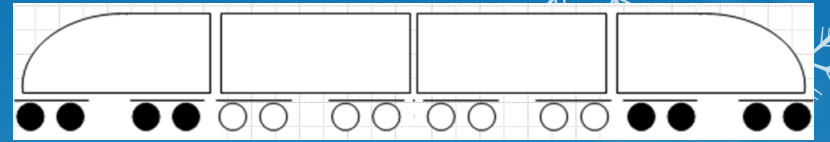
Ábrák: EN15313



Tartalom

- **Bevezetés**
- ➔ ○ **Blending: a dinamikus fék kiegészítésére tervezett súrlódásos fék**
- **Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések**
- **A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell**
-
- **A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága**
-
- **Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre**

Jellegzetes koncepciók:



Általános koncepció1

- Csúszós sínre optimált- azonos tapadás-kihasználás valamennyi tengelyen (min fékút, min hosszrők)
- Legrövidebb fékút

Általános koncepció2

- A súrlódó energia-átalakítók azonos terhelése
- Egyúttal maximális energia visszatáplálás
- (Vonó-ütköző erők lépnek fel)

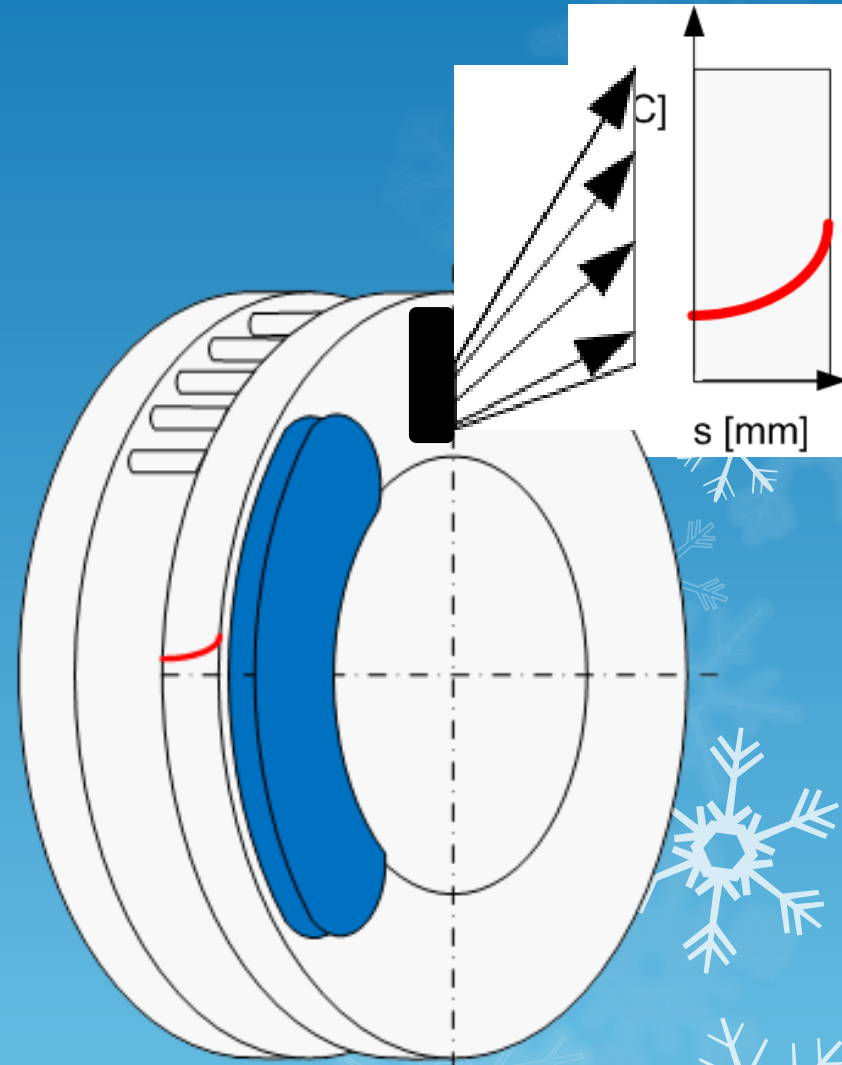
Tartalom

- **Bevezetés**
- **Blending: a dinamikus fék kiegészítésére tervezett súrlódásos fék**
- ○ **Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések**
- **A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell**
-
- **A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága**
-
- **Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre**

Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések

○ Modellképzés feltételezései

- Féktárcsánál a forgást figyelembe véve a teljes betét által súrolt homloklfelületet tekinthetjük hőforrásnak
- A hő részben itt közvetlenül, részben a tárcsa tömör súrlódó részén áthaladva a középső bordás hűtőfelületen adódik le.
- Ezen ideális feltételezéssel a tárcsa egyes szeleteiben azonos hőmérsékletet feltételezhetünk.
- A hőmérséklet tárcsa tömör részében csak befelé haladva változik.

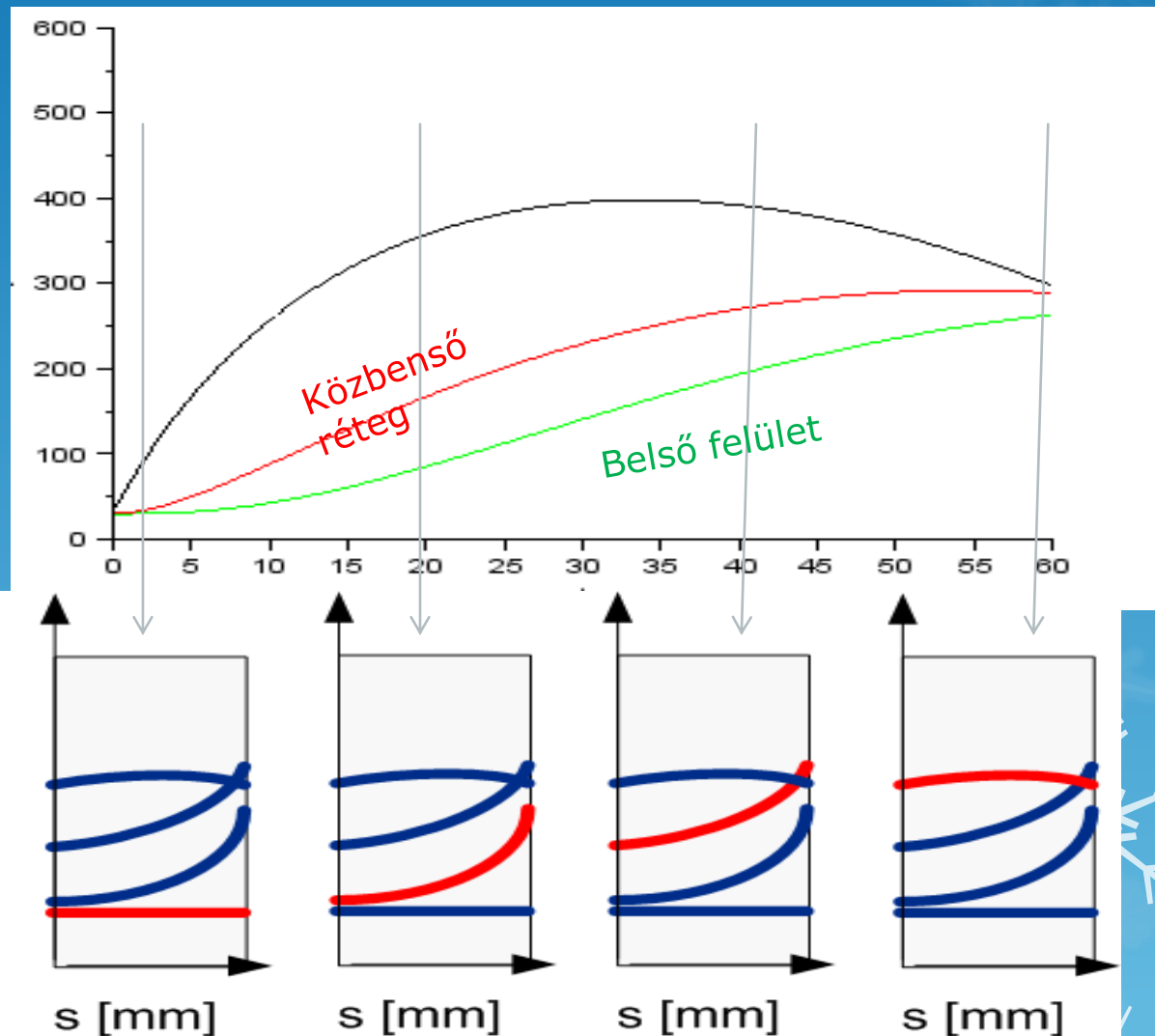


Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modelből levonható következtetések

- Számítható belső

- feszültségek

- Megállító fékezést tekintve a fékteljesítmény ($F \cdot v$) a fékezés elején a legnagyobb megállás pillanatában csökken 0-ra, optimális állandó lassulásnál lineárisan. Lineáris hőátadás és sebességfüggő hőleadás figyelembevételével a tárcsa alkalmasan választott rétegeiben a hőmérséklet idő függvények közelítései számíthatók.



Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések

○ Élettartamszámítások

- Fokozott terhelés esetén a hidegebb belső részek gátló hatása az alakíthatóság hőmérsékletére hevült és tágulni igyekvő külső réteg zömülését eredményezi.
- hűlés utáni húzó feszültségek felszíni hajszálrepedések kialakulását eredményezheti. A ciklikusság pedig a fárasztó jelleggel terheli a külső anyagréteget.



Ábrák: Kritikus hőfáradási repedések EN15313-ból

Tartalom

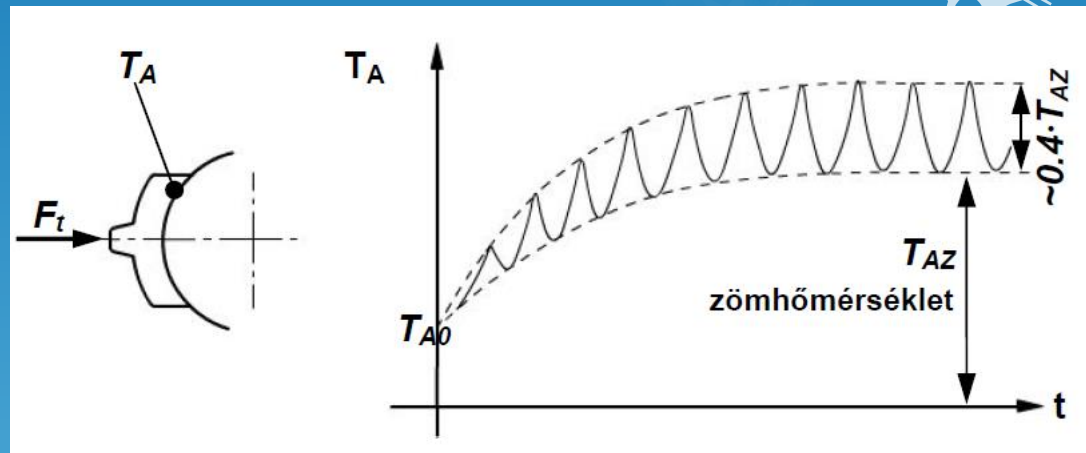
- **Bevezetés**
- **Blending: a dinamikus fék kiegészítésére tervezett súrlódásos fék**
- **Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések**
- **A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell**
- **A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága**
- **Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre**



A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell

Termo elasztikus instabilitás

- Növekvő fékteljesítmény esetén a felület hőmérséklete nem tekinthető állandónak, egyre jellemzőbbé válik meleg foltok kialakulása.
- 3D modellel kezelhetjük.
- A meleg foltok vándorlásának fő oka az úgynevezett termo elasztikus instabilitás folyamata. A fékbetét felületén súrlódás közben megzavart nagyobb nyomású felszíni pont fokozott melegedése, és a hőtágulása miatt egy ideig tovább növekszik itt a nyomás, majd a fokozottan meleg felszín intenzívebb kopása ellentétes irányú félciklust eredményez.



tartamfékezéskor

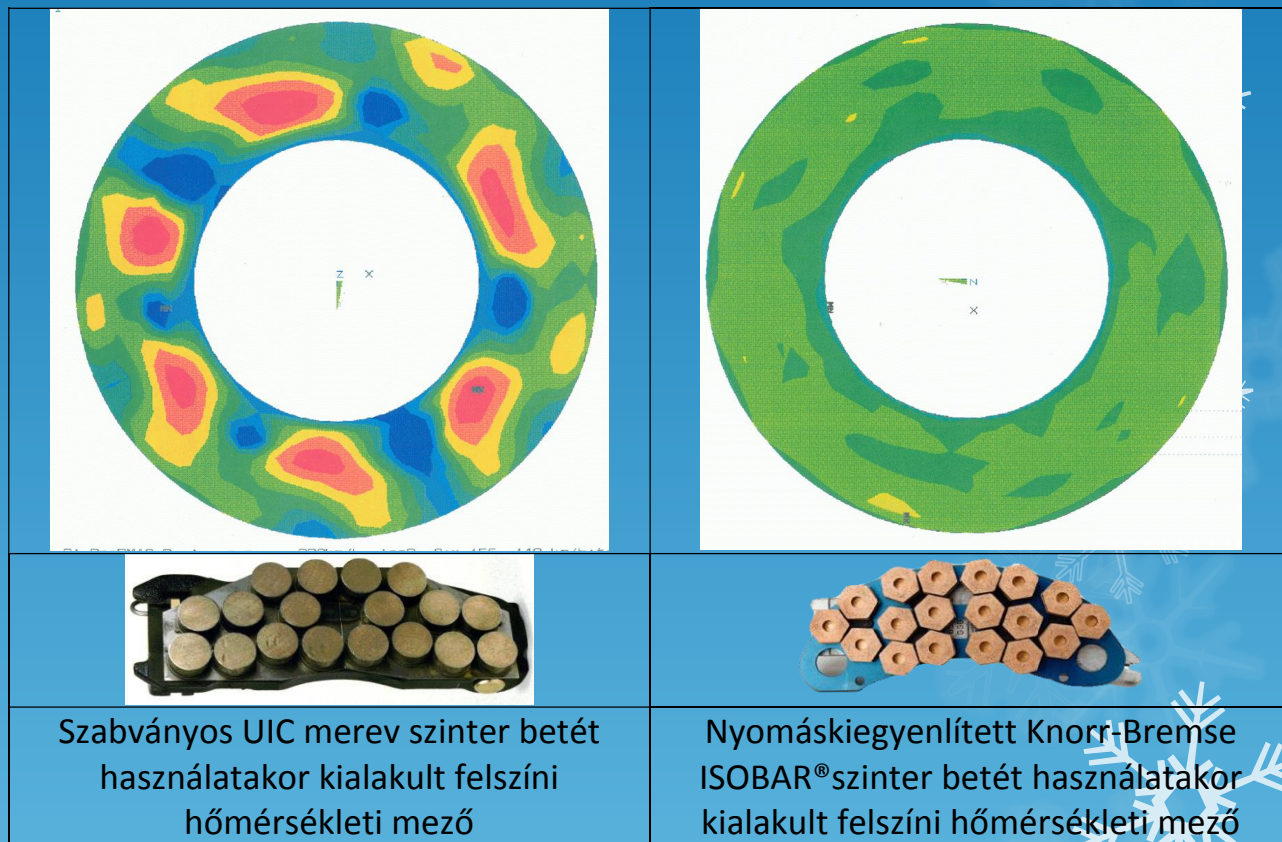
A súrlódó anyagok elemi felületének sebesség, hőmérséklet, nyomásfüggő súrlódási, és kopási függvényének felvétele a BME VRHT tanszéken kutatási téma[3]. Ez képezheti az alapját a termo elasztikus instabilitást figyelembe vevő finomított 3D modellezésnek.

A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell

- **Kritikus feszültség**

- **csökkentés**

- Növekvő fékterhelés esetén egyre jellemzőbbé válik a tárcsa felületén meleg foltok kialakulása. A tárcsa homlokfelületén keletkező meleg foltokat csak 3D modellel kezelhetjük. A vándorló meleg foltok az előbb említett feszültségeket tovább növelik. Egyszerűsítésként termo kamerás mérésekre támaszkodva a betétanyag rugalmassági, hővezetési tulajdonságától függő hőmérséklet-inhomogenitás faktoral lehet figyelembe venni ezt a hőterhelést növelő hatást.

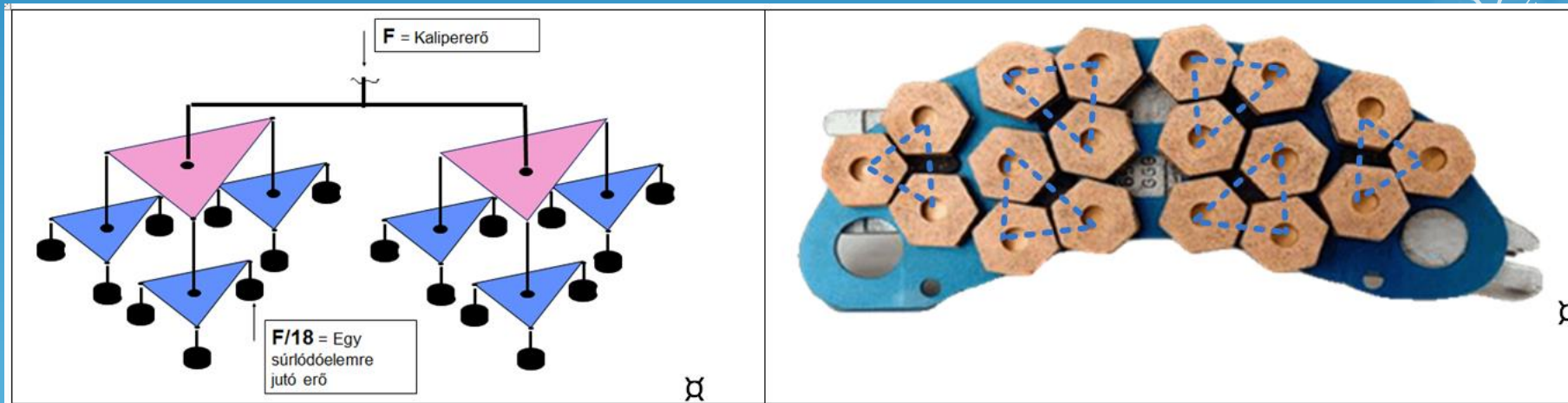


Ábrák: Knorr-Bremse München Showroom bemutatóterem [2]

A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell

○ Kritikus feszültség csökkentés

- Nagysebességű vonatokon egyeduralgódóvá válik a Knorr-Bremse ISOBAR® szinter fékbetétje. A szinter elemek felületi nyomását az összetett betét mechanizmusa egyenlíti ki.



Ábrák: Knorr-Bremse München Showroom bemutatóterem [2]

Tartalom

- **Bevezetés**
- **Blending: a dinamikus fék kiegészítésére tervezett súrlódásos fék**
- **Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések**
- **A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell**
- **A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága**
- **Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre**



A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága

○ A fékbetétforma hatása

- Az UIC kompozit fékbetétekkel üzemeltetett járműveknél a féktárcsák jellegzetesen hullámosra kopnak. A féktárcsák szabályozását 2 mm mély hullámnál írják elő, ez jelentős anyagvesztést eredményez, az elkopott tárcsa cseréje pedig költséges karbantartási esemény.

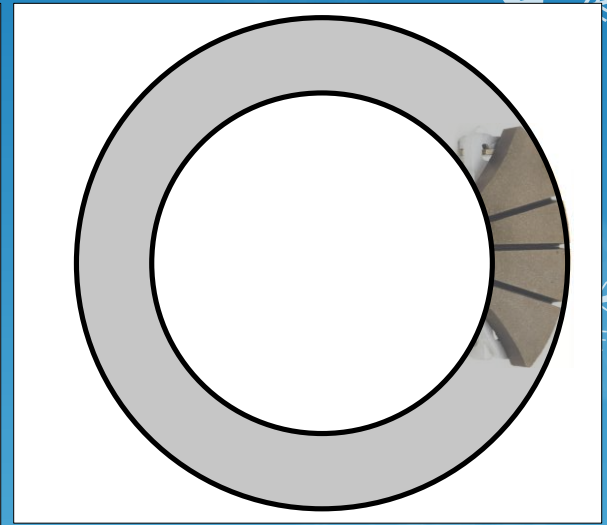
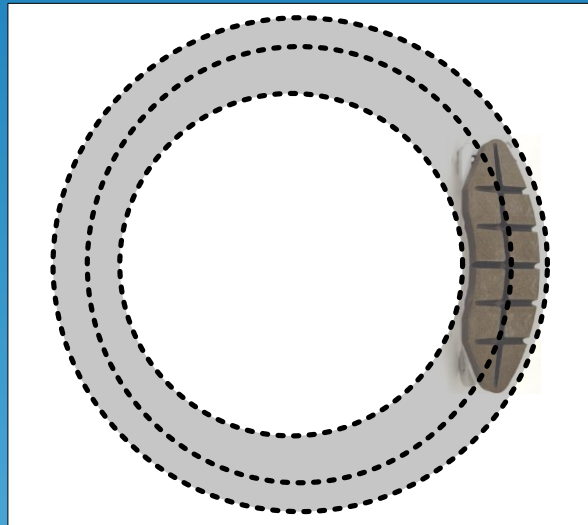


Ábra: Knorr-Bremse München Showroom bemutatóterem

A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága

○ A fékbetétforma hatása

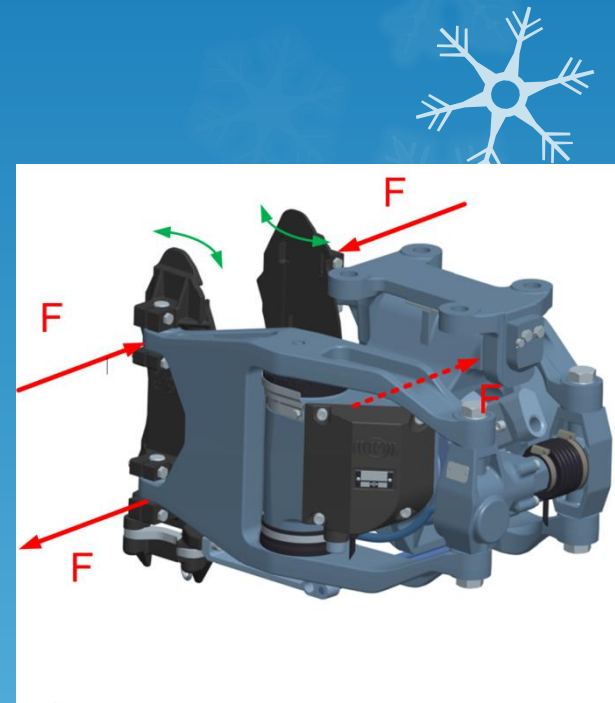
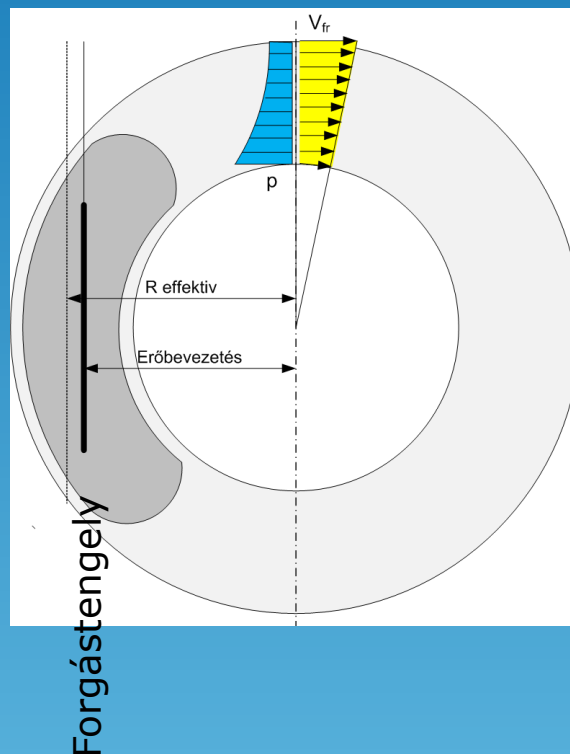
- Egyenletesebb tárcsakopás KRS fékbetét-alak alkalmazása esetén.
- A betét középhelyzetben túlnyúlik a tárcsán, tangenciális hornya nincs



A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága

○ Az ékes betétkopás elkerülése 1

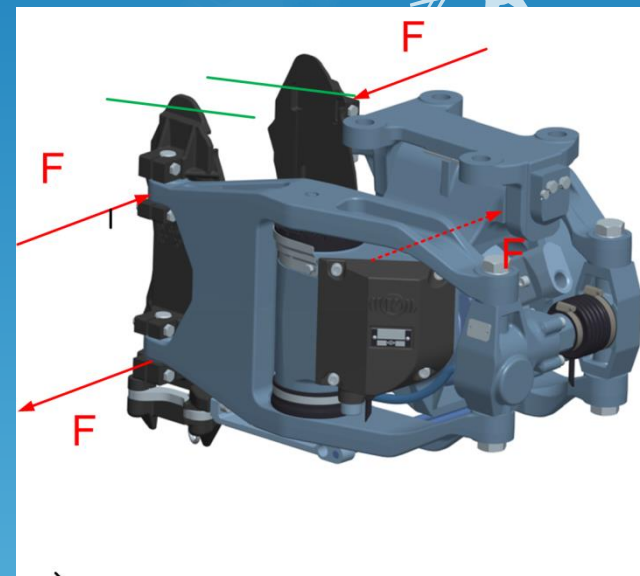
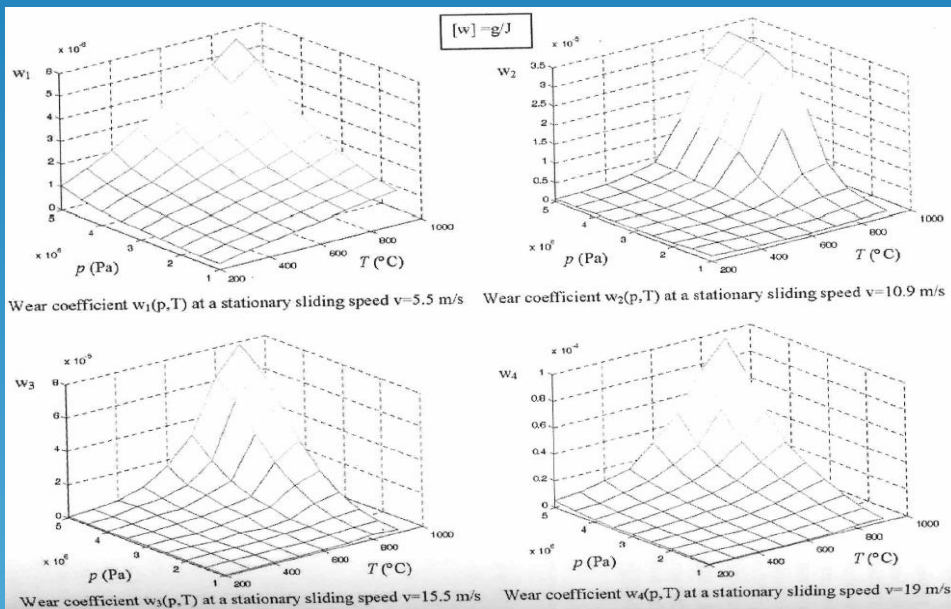
- Fékbetétek egyenetlen kopását (külső-belső él) a betéttartóra ható koncentrált erő optimális sugárirányú elhelyezésével tervezzük elérni.
- A másik irányban, alsó-belső betétcsúcsok, egyenetlen kopását a kaliper nagy merevségű kialakítása biztosítja



Abra: Knorr-Bremse termékismertető

A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága

Az ékes betétkopás elkerülése 2



Ábra: [3] Sábicz, L; Zobory, I.: A csúszó-súrlódási és kopási tényező kimérése...

Ábra: Knorr-Bremse termékismertető

- Az optimális geometria azonban eltérő hőterhelések esetén, a betétanyag hőmérsékletfüggő kopási állandója miatt, nem mindig biztosítja az egyenetlen kopást. Az ékes kopás elkerülésére szokás párhuzamosító mechanizmust alkalmazni a kaliperen.

Tartalom

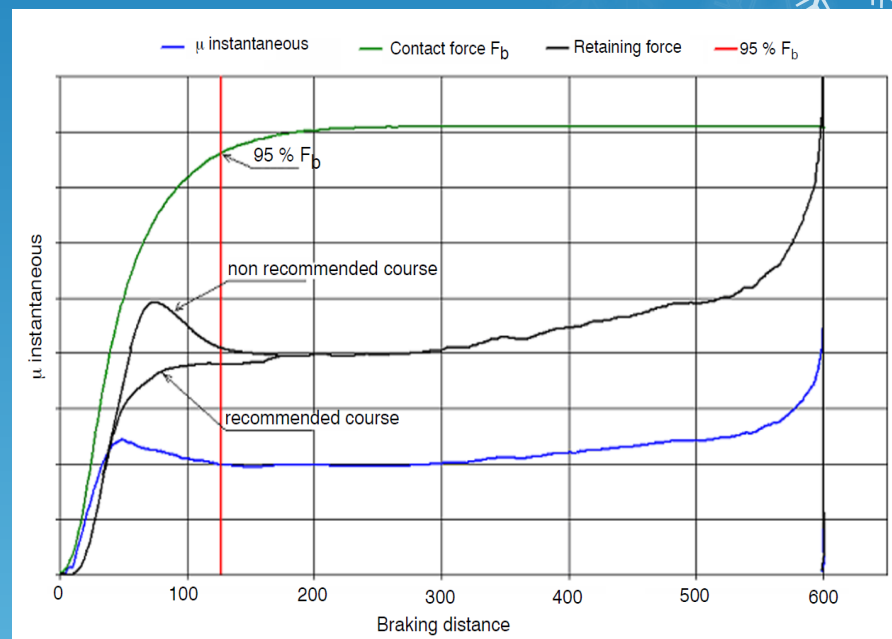
- **Bevezetés**
- **Blending: a dinamikus fék kiegészítésére tervezett súrlódásos fék**
- **Egyirányú hőáramlást figyelembe vevő modellből levonható következtetések**
- **A 3D hőmérséklet-eloszlást figyelembe vevő finomított modell**
-
- **A féktárcsák és fékbetétek egyenetlen kopása és korlátozhatósága**
-
- **Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre**



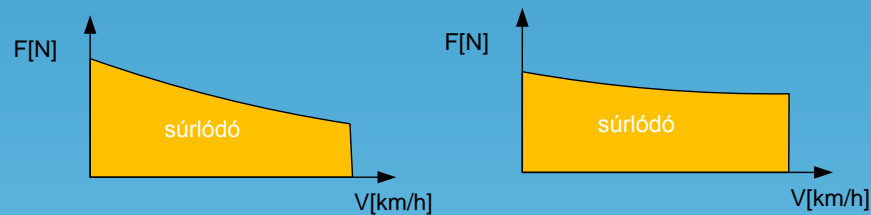
Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre

- **Kompozit (műanyag tuskós) fékekkel és öntöttvas tuskóval szerelt járművek együttes üzemé**

- Tuskós fékes vonatoknál öntöttvas és műanyagtuskó együttes alkalmazásakor a fékezés kezdetén a nagy sebesség miatt a legnagyobb a féktelejesítmény. A nagyobb féktelejesítmény időszakában a műanyagtuskós járművek nagyobb részt vállalhatnak a fékezési energiából. Ez annál is inkább problémát jelenthet, mert a kedvezőtlenebb hőmegosztás miatt amúgy is nagyobb energiahányad megy a kerékbe összehasonlításban az öntöttvas tuskós járművekkel.



ábra.: UIC 541-4 javaslata a fékezés kezdetén jelentkező hőteljesítmény-csúcs elnyújtása [4]



Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre

○ **Összegző megállapítások**

-
- Korszerű járművek fékezésében a súrlódó fékek terhelése a dinamikus fékkel összhangban vezérelt.
- A súrlódó fékek élettartamát optimálisan használhatjuk ki, ha olyan hőterhelésre méretezzük, hogy a felületi fárasztó folyamatok, a természetes kopásnál kisebb előrehaladásúak legyenek.
- A száraz súrlódás kísérleti értékelése nem nélkülözhető, a 3D modellezéshez az elemi felület anyagfüggő súrlódási-, és kopási tényezőjének ismerete szükséges.
- Az egyenetlen kopás miatti anyagveszteség mind tárcsánál, mind fékbetétnél korlátozható.
- Különböző sebességfüggésű súrlódó anyagok együttes üzeme esetén a hőmérsékletcsúcsok különbségére kell számítani.

Eltérő súrlódó anyagokkal szerelt járművek együttes üzemének kérdésköre

○ Felhasznált irodalom

-
- [1] EN15313 Railway applications - In-service wheelset operation requirements - In-service and off-vehicle wheelset maintenance
- [2] Knorr-Bremse: Showroom presentation
- [3] Sábicz, L; Zobory, I.: Measurement on sliding friction coefficient and wear coefficient of cast iron brake block material P10 contacting with a steel wheel jacket, Proceeding of the 10th. International conference on railway bogies and running gear 2016 p. 347-356
- [4] Az UIC 541-4 Bremse - Bremsen mit Bremsklotzsohlen aus Verbundstoff - Allgemeine Bedingungen für die Zertifizierung von Verbundstoffbremsklotzsohlen
- [5] UIC 548:Braking – Requirements of friction test benches for the international certification of brake pads and brake blocks
- [6] Zobory, I.:Járműdinamika és hajtástechnika 1. rész

Köszönöm megtisztelő figyelmüket

KRÉMER Miklós

Knorr-Bremse VJT Hungary Kft.
Helsinki Street 105
H-1238 Budapest, Hungary
Fejlesztőmérnök

BME Közlekedési és Járműmérnöki
Kar VRHT

A vasúti fékezés
tárgy előadója