



**LÁSZLÓ TOLNAI**

okleveles vasútgépész mérnök  
DSB Járműkarbantartás A/S

**Ellentétek a szabványok és a gyakorlat között  
(Vasúti kerékpárösszeállítás kisüzemi körülmények között)**

*A szerző előadása elhangzott Budapesten az INNORAIL 2015. októberi konferencián.*

<p><b>Összefoglalás</b></p> <p>A cikk a vasúti kerékpárok javításával és összeállításával valamint azokkal a kihívásokkal foglalkozik, melyekkel az előkészítés (felületi hibák/sérülések javítása), a hidegsajtolás, a meleg illesztés valamint a kerékpárok festése közben találkozunk.</p> <p>A szerzőnek a 2015. évi Innorail konferencián elhangzott előadásának szerkesztett változatát tesszük közzé. A konferencián elhangzottak ma is időszerűek, ezért fontosnak gondoljuk közreadni.</p>	<p>TOLNAI, LÁSZLÓ Dipl.-Ing. für Eisenbahnmaschinenbau DSB Fahrzeuginstandhaltung A/S</p> <p><b>Widersprüche zwischen Normen und Praxis (Zusammenstellen von Eisenbahnradsätzen unter Kleinbetrieb-Umgebungen)</b></p> <p><b>Zusammenfassung</b> Der Autor behandelt neben Reparatur und Zusammenbau von Eisenbahnradsätzen solche Herausforderungen, mit denen man während der Vorbereitung (Ausbesserung von Oberflächenfehler/-beschädigungen) konfrontiert. Der Beitrag ist die redigierte Fassung des durch den Autor anlässlich der INNORAIL-Konferenz 2015 gehaltenen Vortrags. Die behandelte Thematik hat noch ihre Aktualität keinesfalls verloren, deshalb erfolgt die Veröffentlichung.</p>	<p>LÁSZLÓ TOLNAI Railway mechanical engineer DSB Rolling Stock Maintenance A/S</p> <p><b>Contradictions between standards and practice (Railway wheelset assembly in small-works conditions)</b></p> <p><b>Summary</b> The article deals with the repair and assembly of railway wheelsets and the challenges we face during preparation (repair of surface defects/damages), cold pressing, hot fitting and painting of these. We are publishing an edited version of the author's presentation of 2015 Innorail Conference. What was said at the conference is still relevant today, so we think it is important to publish.</p>
---	---	--

**I. Egy kisméretű kerékpárüzem kihívásai  
(viszonylag sok kerékpártípussal)**

Előadásunk vasúti kerékpárok javításával és összeállításával valamint azokkal a kihívásokkal foglalkozik, melyekkel az előkészítés (felületi hibák/sérülések javítása), a hidegsajtolás, a melegillesztés valamint a kerékpárok festése közben találkozunk.

Az egy közismert tény, hogy gazdaságilag az európai vasutak ma nem tartoznak a leggazdagabb vállalatok közé. Ez cégünkre, a DSB Karbantartás A/S-re is igaz. Ez egy viszonylag kisebb vállalat egy kisméretű kerékpárműhellyel. Következésképpen a kis kerékpárüzem nem tud élni a nagyszériás specializált termelés előnyeivel és működése inkább egy „mindenes” kerékműhelyre hasonlít. Takarékoskodni az anyagokkal, csökkenteni a hulladékot és megelőzni a főlösleges és drága selejtezést vállalatunknál az egészséges üzemgazdaság szempontjából elsőrendű feladat.

A DSB Vedligehold A/S egy karbantartó vállalat, mely szerződésben foglalt feltételek mellett látja el elsősorban a DSB (Dán Államvasutak) gördülő állományának karbantartását. A munka depókban, forgalmi csomópontokban és a DSB gépműhelyeiben történik.

Kerékpárjavítás egy helyen, a DSB Alkatrészüzemének Kerékműhelyében, Dánia második legnagyobb városában Aarhusban folyik.

Itt történik a DSB összes üzemben lévő kerékpárjának a tervezett periodikus és a nem tervezett/alkalmi javítása valamint cseréje. Mivel a DSB-nél a teherszállítás le lett építve,



1. ábra: Az Alkatrészüzem kívülről és a Kerékműhely belülről fényképezve.

a járművek kizárólag személyszállító Diesel- és Villamos motorvonatok (DMU és EMU), emeletes személykocsik valamint mozdonyok. A kerékműhely évi teljesítménye 1500–1800 kerékpár. Ezt természetesen csak a műhely méretének valamint a személyzet létszámának (54 fő) tükrében lehet értékelni. Ehhez még figyelembe kell venni a kerékpártípusok relatív magas számát és sokrétűségét, ugyanis a szerény mennyiség mellett a sokrétűség jelenti az igazi kihívást.

A nagyüzemi termelésben rejlő előnyök kihasználására sajnos minden erőlködés hiábavaló, mivel nagyüzemi termelésről egyáltalán nem lehet szó. A kis darabszám és sok típus miatt az teljesen tiszta, hogy a DSB Kerékműhelye nem tudja utánozni a nagyszámú de azonos típusú kerékpárok javítására létrehozott és specializálódott kerékpárműhelyeket. Sajnos egy univerzális gyártósor kiépítése, amely célszerszámaival, készülékeivel és gépparkjával minden további nélkül ki tudná szolgálni a DSB sok kerékpártípusát szintén nehéz és csak kompromisszumok árán lehetséges. Gondoljunk csupán a különféle kerékműhelyekre 710 mm-től 1250 mm-ig, hajtott és futó kerékpárookra, tömör és csőtengelyekre stb.

## 2. Hidegsajtolás kontra meleg illesztés/zsugorkötés

A Kerékműhely legnagyobb feladata a kerékpárösszeállítás. Dánia mint CEN társállam elkötelezett a kerekeket,

tengelyeket és kerékpárokat tárgyaló EN szabványok alkalmazására. A DSB-nél ezen EN szabványok hivatalosan is hatályon kívül helyezték a korábbi UIC döntvényeit, így pl. az UIC813-at is. Az EN13260 lépett érvénybe abban, ami a vasúti kerékpárokat, így az összeállításukat is illeti. Az EN 13260 tartalmazza és leírja a kerékpárösszeállítás két módját, a kerekek hideg sajtolását és meleg illesztését a tengelyre. Az EN13260 mindkét eljárást ahhoz a feltételhez köti, hogy a kerékpár részeit képező kerekek az EN13262 a tengelyek pedig az EN13261 szabványt kielégítik. Ezek a szabványok a kerékpárösszeállítás szempontjából fontos, a kerekekkel és tengelyekkel szemben támasztott geometriai és felületminőségi követelményeket rögzítik.

Sajnos melegillesztés esetén egy kis kerékműhelyben a kerékpártípusok és ezzel méretek nagy variációja nem teszi lehetővé egy melegítő kemence optimális méretét így kihasználását, hatásfokát sem. Ugyanakkor a kis darabszám és több típus hidegsajtolása esetén pedig az átszerszámozás okoz megszakítást és idővesztést.

- a) Az EN13261, és az EN13262 szabványban rögzített követelmények
- b) A felületi sérülések javítása összeállítás előtt
- c) Hidegsajtolás
- d) Melegillesztés

### 2a. Az EN 13261, és az EN 13262 szabványban rögzített követelmények

2. ábra: A vasúti tömberkére vonatkozó EN13262-ben megfogalmazott geometriai és felületminőségi követelmények.

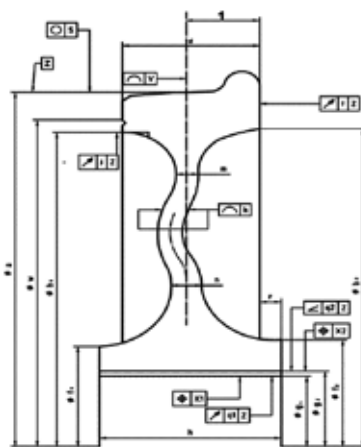


Table 8 — Surface roughness (Ra) of wheels in the state of delivery

Area of the wheel	State of delivery <sup>a</sup>	Roughness Ra (µm)	
		Category 1	Category 2
Bore	Finished	≤ 12,5	
	Ready for assembly <sup>b</sup>	0,8 to 3,2	
Web and hub	Finished <sup>c</sup>	≤ 3,2	≤ 12,5
Rim tread	Finished	≤ 6,3	≤ 12,5 <sup>d</sup>
Rim faces	Finished	≤ 6,3	≤ 12,5 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> See F.2.  
<sup>b</sup> If the wheel has to be fitted on a hollow axle, other values may be required for the purpose of the in-service ultrasonic inspection.  
<sup>c</sup> If defined in the order, this area of the wheel may remain unmachined, provided the tolerances indicated in this table are achieved.  
<sup>d</sup> ≤ 6,3 if required for a standard defect of 2 mm (see 3.4.2).

Table 9 — Geometric tolerances

Designation	Tolerances		Values	
	Symbols (see Figure 7)		Cat. 1	
	Dimensional	Geometrical <sup>a</sup>	Unmachined	Machined
External diameter	a		0/+4 <sup>b</sup>	0/+4 <sup>b</sup>
Internal diameter (outer)	b <sub>1</sub>		0/-2	0/-4
Internal diameter (inner)	b <sub>2</sub>		0/-2	0/-4
Width	d		0/-6	0/-4
Tread profile <sup>a</sup>		V	±1	±1
Rim		S	≤0,1	≤0,2
		S	≤0,1	≤0,2
		T	≤0,2	≤0,3
		J	≤0,2	≤0,2
		J	≤0,2	≤0,2
Hub	External diameter (outer)	W	0/+2	0/+2
	External diameter (inner)	f <sub>1</sub>	0/+2	0/+10
	Internal diameter of the bore:			
	- "finished" <sup>c</sup>	f <sub>2</sub>	0/+2	0/+10
	- "finished ready for assembly" <sup>c</sup>	g <sub>1</sub>	In accordance with the drawing or a standard to guarantee the interference fit	
	Cylindricity of external diameter of the bore:			
	- "finished" <sup>c</sup>	x <sub>1</sub>	≤0,1	≤0,2
	- "finished ready for assembly" <sup>c</sup>	x <sub>2</sub>	≤0,02 <sup>d</sup>	≤0,02 <sup>d</sup>
	Length	h		0/+2 <sup>b</sup>
	Hub to wheel overhang	r		0/+2 <sup>b</sup>
Web	Total run out of the diameter of the bore:			
	- "finished" <sup>c</sup>	q <sub>1</sub>	≤0,2	≤0,2
	- "finished ready for assembly" <sup>c</sup>	q <sub>2</sub>	≤0,1	≤0,1
	Position for the web at the connection with the rim and the hub:			
Thickness at the connection with the rim	k		≤4	≤8
Thickness at the connection with the hub	m		+2/0	+8/0
	n		+2/0	+10/0

<sup>a</sup> See ISO 1101  
<sup>b</sup> For inactive stock other values may be necessary depending on the wheelset assembly process  
<sup>c</sup> See F.2 for terms related to bore of the hub  
<sup>d</sup> Any slight taper within the permitted tolerance shall be such that the "larger" diameter is at the axle entry end of the bore on assembly of the wheel on the axle  
<sup>e</sup> From the top of the flange as far as the external chamfer

Table 9 — Geometrical tolerances

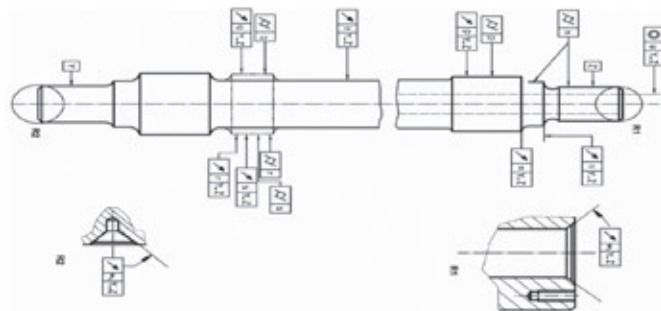
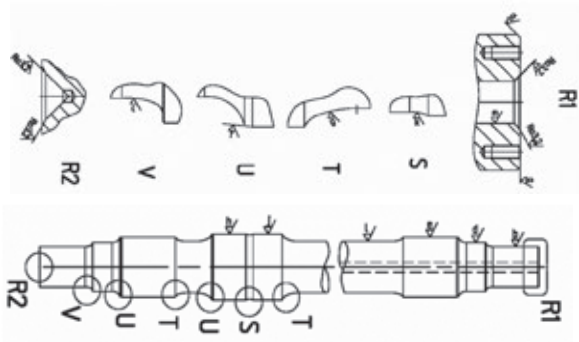
Designation	Symbol (see Figure 8)	Geometrical tolerances <sup>ab</sup> (mm)	
		Rough-machined	Ready for assembly
Journal and abutment Cylindricity Run out of the vertical face of the abutment relative to the reference Y-Z Run out of the abutment relative to the reference Y-Z	n		0,015 0,03 0,03
Wheelseat Run out relative to the reference Y-Z <sup>c</sup> Cylindricity	p	1,5 0,1	0,03 0,015
Gearwheel seat Run out relative to the reference Y-Z <sup>c</sup> Cylindricity	q	1,5 0,1	0,03 0,015
Motor bearing seats Run out relative to the reference Y-Z <sup>c</sup> Cylindricity	r	1,5 0,1	0,02 0,015
Disk brake seat Run out relative to the reference Y-Z <sup>c</sup> Cylindricity	s	0,15 0,1	0,03 0,015
Axle body Run out relative to the reference Y-Z <sup>c</sup>	t		0,5 <sup>d</sup>
Bore Concentricity relative to the reference Y-Z <sup>c</sup>	u		0,5
Holes for fixing axle end caps Concentricity relative to the reference Y-Z <sup>c</sup>	v		0,5
Machining centre run out relative to the reference Y-Z <sup>c</sup>	w <sub>1</sub> w <sub>2</sub> (details R1/R2)		0,02 0,03

<sup>a</sup> For parameters which do not have a tolerance in this table, the general tolerances of EN 22768-2 shall be applied.  
<sup>b</sup> For old axle types with plain bearing journals, the requirements are in the standards that deal with these products.  
<sup>c</sup> Reference axis: the reference axis is taken from the axle journals, identified as Y-Z in Figure 8.  
<sup>d</sup> 0,3 mm for category 1 axles.

Table 7 — Surface finish

Designation	Symbol (see Figure 6)	Surface roughness <sup>a</sup> Ra (µm)	
		Rough-machined	Finished or ready for assembly
End of the axle - axle end and chamfer - axle centre face (solid and hollow axle)	a See details R1 and R2	- -	6,3 3,2
Journal - journal diameter - stress relieving grooves	b c (detail V)	12,5	0,8 0,8
Abutment - abutment diameter	d	12,5	1,6
Wheelseat - wheelseat diameter - lead in taper	e f (detail U)	12,5	Minimum 0,8 Maximum 1,6 <sup>c</sup> 1,6
Body - inner transitional radii to wheelseat - axle body diameter - gearwheel, seal and brake disc seat diameter - bearing seat and seal seat diameter - transitional radii between two seats	g (detail T) i h j k (detail S)	- 12,5 12,5	1,6 3,2 <sup>b</sup> Minimum 0,8 Maximum 1,6 <sup>c</sup> 0,8 1,6
Bore - bore diameter	m (detail R1)		3,2 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> For old axle types with plain bearing journals, the requirements are in the standards that deal with these products.  
<sup>b</sup> 6,3 may be agreed if fatigue limits  $F_1$  and  $F_2$  defined in 3.2.3.2 and the sensitivity required for the in-service ultrasonic control are achieved.  
<sup>c</sup> In-service Non-Destructive Examination may require smaller values of surface finish, e. g. Ra 2 µm for the bore.



3. ábra: A vasúti tengelyekre vonatkozó EN13261-ben megfogalmazott geometriai és felületminőségi követelmények.

## 2b. A felületi sérülések javítása összeállítás előtt

Mint már említettük a kerékműhely feladata mind az új kerékpárok összeállítása mind pedig a már üzemben lévő kerékpárok javítása, cseréje.

A szabványokban támasztott geometriai és felületminőségi követelmények könnyedén teljesíthetők gyári új komponensek – kerekek, tengelyek – esetén. A szituáció viszont egészen más, ha egy kerékpár összeállításánál legalább az egyik komponens már használt (Ez a legtöbb esetben a tengelyt jelenti, mivel a DSB beszerzési felté-

telei előírják, hogy a szállított tengelyek élettartama meg kell hogy feleljen az illető jármű élettartamával.)

Az első probléma ott kezdődik, hogy a viszonylag újabb keletű EN15313 szabványon kívül egyik szabvány sem tartalmaz használható értékeket és tűréseket a használt és üzemben lévő tengelyeken észlelhető felületi hibákra, sérülésekre. Az EN13261 szabvány csak azokat a hibákat és nagyságukat tárgyalja, melyek a szállítási/átvevési feltételekben, mint gyártási hibák szerepelnek.

3.7.2.2 Level to be achieved

On the external surface of the axle:

- transverse defects are not permissible;
- longitudinal defects are acceptable outside  $Z_0$  zones (see Figure 7), provided they are within the limits given in Table 8 (see also J.7).

A defect shall be considered as a longitudinal defect if its inclination with the axle centreline is less than  $10^\circ$ .

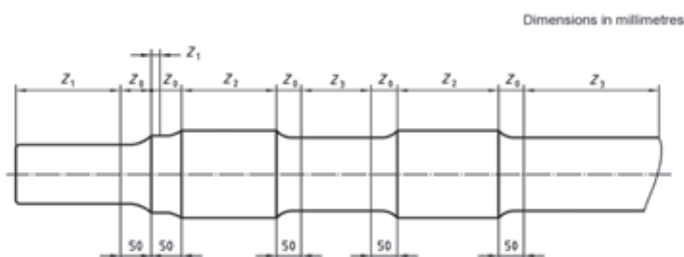


Figure 7 — Zones

On the bore surface of the hollow axes, transverse defects are permitted if they are no more than 0,5 mm deep and if there is not more than one per metre of axle length.

**Table 8 — Longitudinal defect limits**

Zones	Category 1		Category 2	
	Maximum length of an isolated defect <sup>a</sup>	Maximum cumulative length of isolated defects	Maximum length of an isolated defect <sup>a</sup>	Maximum cumulative length of isolated defects
$Z_0$	0	0	0	0
$Z_1$	≤ 6 mm	≤ 6 mm	≤ 6 mm	≤ 6 mm
$Z_2$	≤ 6 mm	≤ 15 mm	≤ 6 mm	≤ 15 mm
$Z_3$	≤ 6 mm	≤ 15 mm	≤ 10 mm	≤ 30 mm

<sup>a</sup> Defects are to be considered as isolated when the space between two of them, located on the same circumferential line, is more than 10 mm.

4. ábra: Gyári hibák és zónák szerint csoportosított megengedett hosszuk az EN13261 szabványban.

A javításra vagy kerékcserére beérkező kerékpárok tengelyei először átesnek egy inspekción, ahol az állapotuk meghatározza a további sorsukat, javítást vagy selejtezést. Sajnos az EN13261 nem igazán képez alapot ilyen jellegű elbíráláshoz. Nagyon egyszerűen azért, mert a gyakorlatban a kis hibák/sérülések felmérése, iránymeghatározása majd összeadása zónánkénti csoportokban nem praktikus és nagyon körülményes. A hibák/sérülések hosszának meghatározásán kívül a mélységük mérése még nehezebb feladat és rendkívül időigényes, problémás egy leterhelt műhelyben.

Ami a tengely felületi hibáinak engedélyezett javítási módszerét illeti az EN13261 nagyon korlátozott. A szabvány „J” mellékletében megadott „fém eltávolítás” (csiszolás, forgácsolás) csak az agyülésen, tengely-csapon és feszültségmentesítő hornyokon kívüli felületekre érvényes míg a  $Z_0$  helyeken csak 0,25 mm (illetve 0,75 mm) van engedélyezve.

**Hibatípusok és javítási módszerek:**

Tengelyek szabad felületein:

- Repülő zúzott kő (az ágyazatból) által okozott sérülés
- Korrózió
- Egyéb sérülések
  - Szállítás során fellépő
  - Gondatlan kezelés közben fellépő

Agyüléseken, tengelycsapokon,  $Z_0$  –zónákban valamint hajtóművek által takart helyeken

- Piting / fretting
- Korrózió
- Mély karcolások / horzsolások/ mély sérülések

**A javítási folyamat és következményei:**

**Tisztítás / régi festés eltávolítása.**

Periódikus inspekción vagy kerékcseréje alkalmával a kerékpárok tisztítása után a tengelyek öreg festése eltávolításra kerül. A legegyszerűbb módszer a homokszórás lenne,

mivel a homokszórás hatékonyan távolítja el a festést és az esetleges rozsdát. Sajnos az EN13261 által támasztott felületminőségi követelményt homokszórás esetén nem lehet kielégíteni. A felületminőség homokszórás után a legjobb esetben sem finomabb mint Ra6. Egy másik nagyon fontos tényező az, hogy homokszórás után legkésőbb 1 órán belül el kell végezni az alapozó festést, mert egyébként a felületi korrózió azonnal fellép. Ez a korróziós veszély az alapja annak, hogy a svéd vasúti hatóságok tiltják a tengelyek homokszórással való tisztítását. Mivel a DSB Vedligehold A/S javít Svédországban is közlekedő szerelvényeket, a homokszórás eljárás általánosítása a Kerék-műhelyben nem lehetséges.



5. ábra: Tipikus felületi hibák, ideiglenesen javítva a Depóban.



6. ábra: Festés eltávolítása szalagcsiszolóval.

Homokszórás és kézi csiszolás problémái késztették a Kerékműhelyt más megoldások, így a szárazjeges tisztítás (CO<sub>2</sub> tíz bar nyomáson) bevezetéséhez. Sajnos a tisztán (adalék nélkül) alkalmazott szárazjég csak lassan tudja az epoxy alapú festéket eltávolítani. Ezért a szárazjég keverve van finom vulkanikus porral (csiszolópor). Ezzel a keverékkel egy tengely 15 perc alatt megtisztítható és a felületminőség Ra2 alatt tartható, mely kielégíti az EN13261 szabványt is. Egy nagyon fontos extra nyereség is fellép a szárazjeges tisztítás során, mégpedig egy nagyon jelentős időnyereség, mely abból származik, hogy szárazjeges tisztítás után nem lép fel azonnali korrózió. Belsőtéri alkalmazás esetén az alapozó festéssel 24 órát is lehet várni felületi korrózió veszélye nélkül.



7. ábra: Szárazjeges (kézi) tisztítás



8. ábra: Szárazjeges tisztítás (automatizált)

## Felületi hibák kijavítása tisztítás után

### a) A tengelytörzsön

Ez helyi kézi csiszolással vagy esztergagépen történik. Az engedélyezett javítási mélység – Z<sub>0</sub> zónában 0,25 és 0,75 mm valamint a tengelytörzsön 1 mm-ig – meg van adva a DSB Kerékpár Manuálban. Abban az esetben, ha az adott sérülés nem távolítható el az engedélyezett javítási mélységen belül és nem áll gyári adat sem rendelkezésre, egy utólag elvégzett tengelyszámítás képez alapot a

javítási mélység meghatározásához az adott keresztmetszetben. Ilyen esetben a javítás csak esztergapadon végezhető el.



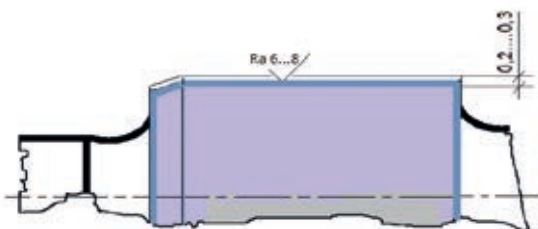
9. ábra: Felületi minőség szárazjeges tisztítás után.



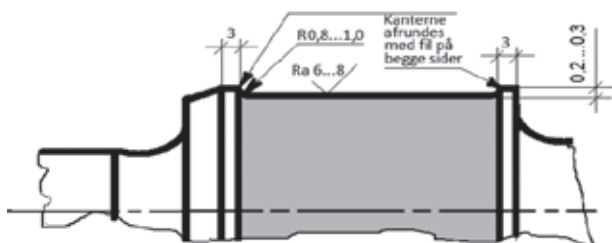
10. ábra: Felületi hibák javítása esztergagépen.

### b) Agyületeken, tengelysapokon

Az EN13261-es szabvány szerinti értelmezése nagy problémát okoz, mivel az nem engedélyez beavatkozást/javítást ezeken a helyeken. Ugyanakkor tudjuk, hogy kerékpár összeállítás során a tengelyeknek pontosan ezen részei vannak főleg kitéve sérüléseknek (kopás, karcok, sérülések, pitting és fretting). Mivel az EMU-, DMU- és mozdonytengelyek nagyon drágák és csak rendelésre (hosszú szállítási idő) kaphatóak, mindenképpen javítási megoldást kellett találni. A hideg fémszórás kínálkozott legjobb megoldásnak. Sajnos a fémszórást a releváns EN-szabványok nem tárgyalják mint jóváhagyott tengelyjavítási technológiát. A választott fémszórási eljárást egy külső cég (Carl Bro a 90-es évek közepén) dolgozta ki. A gyakorlati kivitelezése a DSB-nél tapasztalatokra, a svéd Chalmers Egyetem által elvégzett FEM analízisre valamint a WearTech cég segítségével megfogalmazott Fémszórási Manuálra épül. Ez a javítási módszer kisebb nagyobb módosítással 1997 óta szerepel a Kerékműhelyben.



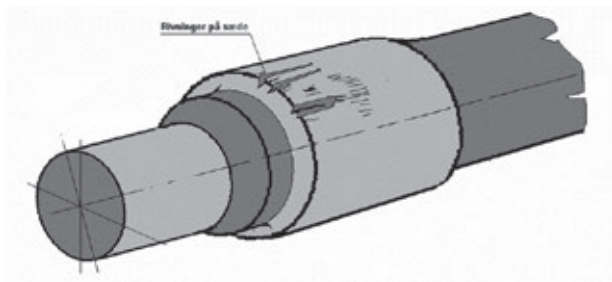
11. ábra: Tengelyagy kialakítás fémszóráshoz (melegillesztés esetén)



12. ábra: Tengelyagy kialakítás fémszóráshoz (hidegsajtolás esetén)



13. ábra: A Kerékműhely fémszórógépe



14. Agyülés sérülései hidegsajtolásnál

## Kerékpár összeállítása:

### 2c. Hidegsajtolás

A DSB Kerékműhelyében van egy MAE gyártmányú kerékfelsajtoló gép. Néhány, főleg német eredetű vonattípus, kerekeit a gyártó előírása alapján hidegen kell felsajtolni. A hidegsajtolás előnye a gyorsaság és alacsony energiaigényen kívül az, hogy az MAE sajtológép automatikusan kiállít egy bizonylatot a kerékpárról – sajtolási diagram, kerékpár geometria – amit a DSB Biztonsági Osztálya valamint a Vasúti

Hatóságok mint hivatalos dokumentumot elfogadnak. Meg kell azonban jegyezni, hogy a hidegsajtolási folyamat nem teljesen gondtalan.

- Előfordulnak sérülések az agyülésen
- A sajtolási erő az előírt minimum alatt marad

A két rajz a fém szórógép fényképe fölött a fémszóráshoz előkészített tengely agyülést ábrázolja (erősen torzított ábrák, hiszen a felszört Mo-réteg vastagsága a valóságban csak max. 0,35 mm) két fajta kerékillesztés esetén:

- a felső rajz 11. ábra, a melegillesztéses módszernél alkalmazott tengelyagy kialakítást mutatja
- az alsó rajz a 12. ábra a hidegsajtolásos módszernél alkalmazott tengelyagy kialakítást mutatja.

Ennél a módszernél előnyös meghagyni a tengelyagy belépő és kilépő oldalán az eredeti tengelyagy kialakítást, mert ezzel a hidegsajtolásnál esetleg fellépő Molibdén réteg kipattogzódási veszélyét lehet csökkenteni/megakadályozni.

Az agyülés sérülései a tengely selejtezését vonhatják maguk után rendkívül nagy anyagi veszteséget okozva. A kerékfelsajtolásnál keletkező sérülések megelőzésének érdekében nagyon fontos, hogy a sajtológép kezelői megértsék és megtanulják a hidegsajtolási folyamatot, beleértve a felhasznált kenőanyag milyenségét és mennyiségét valamint a kenés technikáját

Ami az előírt sajtolóerő elérését illeti egy összetettebb problémával állunk szemben. Tapasztalatunk szerint az adott tengelyagy/agyfurat tőrés mellett elérhető sajtolóerő nagysága függ:

- A választott tőrések (agyülés / agyfurat) nagyságától
- A választott sajtolási sebességtől (0,5–5 mm/sec)
- A választott kenőanyagtól
- A felületi minőségtől / érdességtől
- A felület keménységétől (fémszórással nyert tapasztalat)

Az agyülés és agyfurat tőréseinek valamint a szükséges max/min sajtolóerőnek a számítása pontosan meg van adva az EN13260 szabványban. Meg kell azonban jegyezni, hogy az EN13260 a számítások érvényességét az agyülés hosszának és átmérőjének meghatározott értékeihez ( $0,8 < L/D < 1,1$  og  $D/d > 1,12$ ) köti. Újabb keletű tengelyeknél ez nem okoz problémát, de viszont vannak még forgalomban öreg mozdony és motorvonat tengelyek eltérő L/D viszonyal.

A sajtolási sebesség megválasztása nem okoz gondot egy modern kerékprés esetén. Érdekes módon a kísérleteink során nem tudtunk jelentős sajtolóerő növekedést elérni a sajtolósebesség növelésével.

Az alkalmazott kenőanyag MoS<sub>2</sub> tartalmú (Molykote G-n plus), az MAE által javasolt minőség. Tapasztalatunk szerint a kenési technika – az agyülés „masszírozása” – nagyon fontos. Lehet kenni mind az agyülést mind pedig az agyfuratot. A felvitt kenőanyag mennyisége viszont nagyon individuális és nagyon nagy hatással van az elérhető sajtolóerő nagyságára.

## Felületi minőség/érdesség:

Az EN13261 előír egy Ra 0,8...1,6 felületi minőséget az agyülésre míg az EN13262 Ra 0,8...3,2-t a szerelésre kész agyfuratra. Ez az előírás szigorítható csőtengelyek esetében az ultrahangos repedésvizsgálat zavartalansága érdekében. Sajnos ez az előírt felületi minőség nem kedvező a hidegsajtölési eljárás esetén elérhető sajtolóerő szempontjából és az esetlegesen fellépő sérülések miatt.

## Felületi keménység:

Azt tapasztaltuk, hogy a már egyszer fémszórással (Molybdén réteggel ellátott) javított agyülek esetén az előírt sajtolóerő elérése nem okoz gondot. A Mo-réteg keménysége (kb. 61-64 HRC) lényegesen nagyobb mint a szokásos tengelyanyagok (A1N, A4T) és kerékanyagok (ER7...ER9) keménysége (200 .... 270 HB)



15. ábra: Kerékfelsajtoló gép



16. kemencék a Kerékműhelyben

## Kerékpár összeállítása:

### 2d. Melegillesztés (zsugorkötés)

Az eljárás ma már szintén egy jóváhagyott eljárás az EN13260 szabvány szerint. A módszer ahhoz a feltételhez van kötve, hogy az egész kerék fel van melegítve (benn

van a kemencében) és a kerék hőmérséklete a melegítés során nem haladja meg a 250 °C-ot. Ezt a feltételt lehet teljesíteni, de a következménye az, hogy a felmelegítés időtartama nagyon megnyúlik és az energiaigény (nem számítva a kemence egyéb veszteségeit) átlagosan 300 kg tömegű kerekek esetén nagyon nagy. Egy másik feltétel az, hogy minden tizedik (10%) melegen illesztett kerék zsugorkötését egy 30 másodperces ellensajtölési teszttel kell bizonyítani, ahol az ellensajtölőerő nagyságát az EN13260 szerint kell kiszámítani. A tesztet a melegillesztést követő kb. 24 órás hűlési idő eltelte után kell elvégezni. Az ellensajtölési teszten kívül minden elkészült kerékpár geometriáját is igazolni és bizonylatban rögzíteni kell mérés alapján (kerekek közötti távolság; C-C<sub>1</sub>; radiális és axiális ütés; kiegyensúlyozottság).

## 3. Hogyan lehet leküzdeni a problémákat?

- Főbb problémák
- Saját szabványok/alternatívák
- Rendszeres képzés / továbbképzés

### 3.a. Főbb problémák:

- Felületi minőséggel szemben támasztott követelmény
- Szabványban rögzített / nem rögzített javítási módszerek vegyes alkalmazása
- Kielégítő hidegsajtölési / melegillesztési eredmények elérése

A szabványokban támasztott felületminőségi követelmények:

- a tengelytörzsön Ra 1,6...3,2. Ezt a gyártó minden probléma nélkül tudja teljesíteni. De a következménye ennek tapasztalatunk szerint az, hogy a festék nem tapad eléggé és leválik idő előtt utat nyitva a korróziónak. Javítása – ha nem történik garanciában – extra költséget jelent.
- az agyülekken Ra0,8...1,6. Ez szintén nem okoz nehézséget a gyártónak, sőt túl is teljesítik és Ra0,5 körüli felületminőséget ének el. De ez problémát okoz hidegsajtölés esetén a szükséges sajtolóerő elérésénél.

A választott megoldásunk paradokszális. Egyrészt meg kellett beszélni a gyártóval, hogy ne szállítsa a tengelyeket az előírtnál jobb felületi minőséggel! Ami pedig az agyüleket illeti, sajtolás előtt mint előkészítés, az agyülés finom felületét csiszoló vászonnal durvábbá (kb. Ra3...Ra4) alakítjuk. Ezen kívül elkezdtük a tengelyek agyületeinek rendszeres fémszórását (Mo) valamint kértük a gyártót, hogy a jövőben szállítandó tengelyek már ilyen kivitelben készüljenek (fémszórta agyülés és esetleg tengelycsap is).

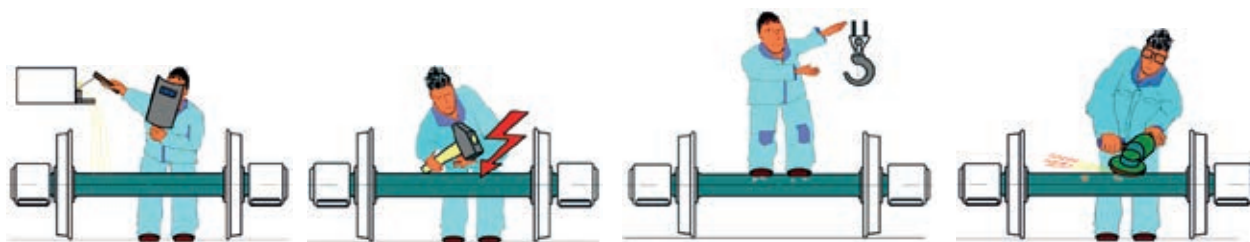
Az igazsághoz tartozik azonban, hogy a fémszórással javított tengelyek hivatalos jóváhagyásán – mivel a módszert az EN tengely- és kerékpárszabványok nem tárgyalják – továbbra is dolgozunk.

### 3.b. Saját szabványok mint alternatívák

Mivel az érvényben lévő EN szabványok nem tartalmaznak elégséges információt kerék-tengely-kerékpár javítás során követendő tűrési értékekről, kénytelenek vagyunk magunk írni helyi/DSB szabványokat, manuálokat – kerék-, kerékpár- és fémszórás témában – elsősorban a Kerékműhely számára.

3.c. Tapasztalatunk szerint a tengelysérülések tekintélyes része sajnos a saját magunk számlájára írható. A megelő-

zés érdekében bevezettük a kötelező és vizsgához kötött továbbképzést minden olyan dolgozó részére aki valamilyen formában (szakmunkás, szállítómunkás/targoncás, raktáros, technikus) tengelyekkel és kerékpárokkal kapcsolatba kerül. Mindannyian bizonylatot kapnak a továbbképzésről és ezzel 2 évre jogosultakká válnak munkavégzésre, amikor is újra részt kell venniük oktatásban egy újabb vizsgával a következő 2 évre.



17. ábra: Illusztráció a „Kerékpárok” tananyagból „Tiltott dolgok” cím alatt.

### 4.Vélemények/tapasztalatok a kerékpárösszeállítási módszerekről (A kerékpárösszeállítás skandináv és európai útja)

#### Melegillesztéses kerékpárösszeállítás:

Dánia és a DSB tradicionálisan követte a skandináv kerékpárösszeállítási szokást, nevezetesen a melegillesztéses kerékpárösszeállítást. Ez a kerékpárösszeállítási módszer nem képezte tárgyát a korabeli UIC döntvényeknek. Sajnos a DSB archívumában ma már nem található nyoma annak a döntésnek mely a módszer bevezetésének okát magyarázná, leírná. Nagyon valószínű azonban, hogy a módszer a sok és nagyon költséges hidegsajtolás során fellépő sérülés miatt lett bevezetve Svédországban és a korábban virágzó CNR (Common Nordic Railways) együttműködés keretében terjedt el a többi skandináv társországban, így Dániában is.

#### Pro:

Az EN13260 által a melegillesztéses kerékpárösszeállítási módszer a hidegsajtolás mellett szintén egy elismert és jóváhagyott módszer. A gyakorlat bizonyítja, hogy a melegillesztéses módszer egy jó módszer, ami az agyulás sérülése nélküli kerékpárösszeállítást illeti.

#### Contra:

A DSB Kerékműhelyében a kerekek felmelegítése kemencében történik, ami többek között egy lassú és az energia-igényt nézve egy drága megoldás. Továbbá az EN13260 szabvány előírja a kötelező 10%-os ellensajtolási tesztet. Mivel egy ilyen teszt csak egy sajtológépen végezhető el, egy Kerékműhely az esetlegesen választott melegillesztési módszer ellenére is kénytelen beruházni egy drága hidegsajtoló gépbe a szükséges kerékpár-típusonkénti szerszámokkal együtt. A kész kerékpároknak a

melegillesztés utáni hűléshez helyet kell biztosítani (ez egy kisméretű műhelyben gond). A lehűlt kerékpárok paramétereinek mérése és bizonylatolása ezután kezdődhet.

#### Kerékpárösszeállítás hidegsajtolással:

Tudomásunk szerint ez továbbra is a legelterjedtebb módszer. A DSB-nél viszont ez a módszer csak 2004-ben lett (újra) bevezetve egyidőben a beszerzett MAE sajtológéppel.

#### Pro:

Gyors módszer. Ezenkívül az elkészült kerékpárt azonnal el lehet látni a MAE-gép által automatikusan kiírt bizonylattal, mely tartalmazza a sajtolási diagrammot és a kerékpár geometriai paramétereit.

#### Contra:

Az agyulések sérülhetnek, ami a tengely selejtezését vonhatja maga után (költséges hiba).

A sérülések javíthatók fémszórással (drága de tartós megoldás).

### 5. A kész kerékpárok jóváhagyási eljárása

- A TSI előírások hatása
- Költségek (kis szériás gyártás, jellemző a kis műhelyekre/kis vasúti társaságokra)

#### TSI-szabályok:

Az új TSI Határozatok (Lok&Pas 2015) előírják, hogy az új kerekeket és kerékpárokat – mint interoperábilis komponenseket – a gyártók csak TSI Bizonylattal szállíthatják. A bizonylat kiállítását legalább két kötelező modul alapján kell kérvényezni. Vállalatunk (mint gyártó) a



Lok&Pass SB és SD modulja alapján történő „prototípus” elbírálást és NoBo (Notified Body) által hitelesítését választotta. A korábban kötelező harmadik modul SV=próbaüzemi tapasztalatokra épülő modul ez évtől (2015. januártól) már nem kötelező. Be lehet könnyen látni, hogy próbaüzemi tapasztalatokat szerezni egy még nem jóváhagyott kerékpárral nem egy könnyű feladat....

A tengelyeket a TSI Határozatok nem tekintik interoperábilis komponensnek, így teoretikusan kívül esnek a TSI Határozatokon. Ennek ellenére és paradoxálisan a tengelyek mégsem ússzák meg a TSI jóváhagyási eljárást, indirekt módon mint a kerékpárok szerves részei. Ez magával von egy költséges fárasztási vizsgálatot is, mint bizonyítási eljárást a kerékpár integritására. A tengely ilyen jellegű vizsgálatát az EN13103 és EN13104 szabványok (Tengelyek szilárdsági méretezése) egyébként nem írják elő.

A tömbkerekeknek a TSI Határozatok alapján ki kell elégíteni az EN13979-1 szabványt ami a konstrukciót és az EN13262 szabványt ami a szállítási feltételeket illeti. Az EN13979-1 szabvány megadja a módszerét és a feltételeit egy tömbkerék mechanikai, termomechanikai és akusztikai tervezésének. Ez érvényes minden újtervezésű tömbkerékre, de szintén kiterjed minden utángyártott-kópia kerékre is, mert a hatóságok egy új gyártó tényét „jelentős változásnak” bírálják, ami egy hivatalos TSI eljárást von maga után.

Kerékpárok mint interoperábilis komponensek a már említett két TSI modul szerint kiállított TSI Bizonylattal kerülhetnek forgalomba. A műszaki feltételeket az EN13260 szabvány tartalmazza. Az elbírásnál a NoBo és az assessor – tapasztalatunk szerint – megköveteli, hogy a vizsgáló kerékpár szó szerint és 100%-osan kielégítse az EN13260 szabványt. Ezen kívül követeli a kerék fárasztási vizsgálatát is annak ellenére, hogy az EN13979-1 szabvány ezt feltételhez (egy végeselem számításhoz vagy szimuláció eredményéhez) köti.

## Költségek:

Egy kisebb vasúti társaságnak, amely egy szerényebb gördülő állománnyal operál, megrendelni egy kisebb széria utángyártott kereket, tengelyt vagy kerékpárt egy gazdasági katasztrófát jelenthet és létébe (életébe) kerülhet, mert az engedélyezési eljárás és az ehhez megkövetelt tesztek költsége meghaladhatja gazdasági lehetőségeit

## 6. Mit ígér a jövő

Ami a szabványokat illeti, a revíziós munka nagyon lassú. Annak ellenére, hogy minden szabvány-előterjesztést a társországok – így Dánia is – kommentárral látnak el, a kommentárok hatása csak hosszú idő után jelentkezik.

Kommentárainkban gyakran rámutatunk arra a problémára, ami a különböző szabványokon dolgozó munkacsoportok közötti kommunikáció elégtelenségére utal.

Többek között ebben látjuk annak okát, hogy még a rokon tárgyú szabványok között is jelentkezik terminológiai el- lentét, melyet a több nyelvre fordítás még megsokszoroz és akár érthetlenné is tesz.

## A szerző szakmai életútja:

*Név:* Tolnai László

*Született:* 1951. 10. 17, Tokodaltáró

*Végzettség:* vasútépész mérnök

*Státusz:* (nyugalmozott) senior advisor / vezető tanácsadó

*Munkahelye (utolsó):* 1994.09.01 – 2019.10.31 DSB Dán Államvasutak Karbantartás RT Műszaki Fejlesztési Osztálya

*Kulcs-minősítések:*

1966-70 Vasútépészeti Technikum, Budapest / Magyarország, Vasútépész technikus

1970-75 Vasútmérnöki egyetem, Leningrád /Szovjetunió  
Vasútépész mérnök „vasúti kocsi gyártás és üzemeltető gazdaságtan”

1975 diploma értekezés témája:

„tilting coach” / „személykocsi ívben dönthető kocsiszekrényrel”

*Munkával kapcsolatos funkciók:*

1996–2008 a DSB képviselője az Erri b169 szakértői csoportban

2008–2019 a DSB képviselője az UIC set 06 (running gear) és set 07 (brake) szakértői csoportokban

A DSB képviselője az eurospec-ben (vasúti tengelyek, Kerékek és kerékpárok)

2007–2018 a DSB forgóváz és futómű szakértői csoportjának az elnöke, majd örökös tiszteletbeli tagja

## Munkaterületek

*DSB-gördülőállomány:* forgóvázak, menetdinamikai és utaskényelmi kérdések Kerekek / kerepárok, tengelyek, csapágycsukló Karima-kenő rendszerek

*Fékek:* mechanikus fék alkatrészek, féktárcsák, fékbetétek, féktuskók

*Fékvizsgálat:* A fékbetétek vizsgálata és jóváhagyása a DSB gördülő állományán

*Zaj:* a gördülőállomány belső- és külső zajával kapcsolatos kérdések kezelése/bedolgozása (tsi). Zajmérés értékelés. Engedélyeztetés.

*Ügyfélkapcsolat, zajpanaszok kezelése:* A DSB környezetvédelmi csoportjának tagja

*Karbantartás:* futóművek és forgóvázak rendszeres karbantartása

*Hibakeresés és feltárás megelőzés:*

Konkrét feladatok:

– Hiba statisztika a DSB regionális vonatain

– Havi jelentés a DSB regionális vonatainak minőségi állapotáról

- Nbo vizsgálat és jóváhagyás a great belt alagút megnyitása előtt
- Pályázati anyag összeállítása az Oeresund vonatok beszerzéséhez
- Ic3 / USA projekt (Ic3-as szerelvény az olimpiai játékok idején Atlanta környékén)
- Otu / Oeresund vonat projekt (beszerzés)
- 6-tengelyes, 6,5 mW tehervonati villanymozdony (eg-sorozat) pályázati anyaga a beszerzéshez.
- Mr projekt (fékbetétek vizsgálata erős kopás és zaj miatt)
- Otu / Oeresund vonat projekt (tervezési fázis)
- Eg / 6-tengelyes tehervonati villanymozdony projekt (tervezési fázis)
- Crs-fékbetétek vizsgálata majd bevezetése az Ic3-as dízel-vonatokon
- Mint DSB képviselője, részvétel az uniós „silent freight train” projektben.
- Gta (godt tog til alle = jó vonat mindenkinek) projekt beindítása.
- Ic4 (4 részes dízel motorvonat) projekt beszerzési projekt indítása.

Szerzői tevékenység a DSB-nél,

Több mstd (műszaki „házi” szabvány) szerzője

- féktárca kézikönyv
- mr (öreg dízel szerelvények) tengelyeinek javítási feltételei
- fékbetétek vizsgálata és jóváhagyása
- vasúti tengely kézikönyv
- vasúti kerék kézikönyv
- gumirugók (beszerzési feltételek)
- alternatív alkatrészek beszerzésének műszaki/biztonsági feltételei
- műszaki oktatók felkészítése és vizsgáztatásának/engedélyének feltételei

Oktatási tevékenység:

- új alkalmazottak „bevezetése a szakmába” (tanfolyam)
- DSB futómű és forgóváz instruktóroinak oktatása/felkészítése és vizsgáztatása (engedélyeztetése)
- A vasútmérnökképzés beindításában való részvétel a DTU-n, Lyngby (dán műszaki egyetem) 2010 – 2013-ban. Előadó a 3 hetes tanfolyamon forgóvázak, járműdinamika/futás-jóság, vasúti vontatási rendszerek és fékek tárgykörében.

**Korábbi foglalkozások:**

1975–76: mérnöki kooperátor a bábolnai mintagazdaságban, 1976–77: mérnök energiaetikus a nyergesújfalusi viskoza művekben. (ipari hűtőrendszerek)

1977–82: mérnök-tanár / tanársegéd a győri közlekedési és távközlési főiskola járműgyártási osztályán

1982–90: hivatásos zenész (Magyarország, Dánia, Svédország, Finnország és Norvégia)

1991–93: export tanácsadó Randers-ben (Dánia) Randers ipari tanács

1993–94: zenetanár Purhus önkormányzat zeneiskoláiban 1994–95: DSB regionális vonatok, mérnök a minőségi osztályon

1995–2019: DSB / DSB Karbantartás RT Műszaki fejlesztési osztály. Mérnök, majd tanácsadó s végül vezető tanácsadó

Nyelv:	beszél	olvas	ír
Magyar	x	x	x
Orosz	x	x	x
Dán	x	x	x
Angol	x	x	x
Német		x	

## HÍREK

### A dán Vectron mozdonyrendelést megnövelték

A Dán Állam Vasutak, DSB, a korábbi 26 Vectron villamos mozdony rendelését, további nyolccal bővítette, erősítette meg a Siemens.

Az első 26 mozdonyt személyszállítási üzemre szánták, a Bombardier által korábban gyártott emeletes ingavonati szerelvények továbbításához.

A DSB lecseréli a még meglévő ME dízel mozdonyait, melyeket 1981 és 85 között gyártottak, hasonlóan az 5 EA villamos mozdonyokhoz, melyeket 1984 és 93 között helyeztek üzembe.

A DSB néhány ME sorozatú mozdonyát eladni tervezi és 2021 decemberéig az összeset kivonja a forgalomból, a 26 Vectron mozdony üzembe állításával egy időben.

