

Személyvonat forgóváz főcsavarrugójának vizsgálata

Nagy Domonkos

2024

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar

Gépészmérnöki Tanszék

Személyvonat forgóváz főcsavarrugójának vizsgálata

Készítette: Nagy Domonkos hallgató

Évfolyam: 2.

Belső konzulens: Vönöczky András

Beosztása: nyugalmazott főiskolai docens

Külső konzulens: Nagy Gábor

Beosztása: okleveles közlekedésmérnök vasútüzemi szak, MÁV Zrt.

kiemelt szakértő

Pécs

2024

1. Tartalom

1.	Tartalom.....	1
1.	Bevezetés.....	2
2.	Irodalmi áttekintés.....	7
3.	Forgóváz csavarrugóinak terhelései, méretezése, anyaga	7
4.	Törött rugó vizsgálata.....	10
4.1.	Szemrevételezés	10
4.2.	Keménységmérés	11
4.3.	Szikra kép vizsgálata	13
4.4.	Spektroszkópos vizsgálat	15
5.	Kiértékelés, összegzés	19
5.	Köszönetnyilvánítás	20
6.	Felhasznált irodalom	21
6.	Ábrák, táblázatok jegyzéke	22

1. Bevezetés

Negyedik szemeszterem során felvettem a „Káresetek” nevű tantárgyat. A tárgy előadója Vönöczky András nyugalmazott főiskolai docens. Nekünk hallgatóknak az volt a feladatunk, hogy keressünk és elemezzünk egy általunk választott káresetet. A feladatra való felkészülésem során tudomást szereztem arról, hogy a MÁV Pécsbányai járműjavítójában kicseréltek egy forgóváz primer rugózását biztosító csavarrugót, annak kezdődő törése miatt. A törött rugórész hozzám még egy darabban került, de már látszott rajta, hogy a rugó teljes keresztmetszetében károsodott (ld.: 1.1. ábra).



1.1. ábra A főcsavarrugó törött darabja

A rugó károsodását egy IC 3 személykocsi (ld.: 1.2. ábra), harmadik generációs Inter City személykocsi érkezés utáni felülvizsgálatát végző kocsivizsgáló észlelte Sárbogárd állomáson. A szemrevételezés során vette észre a rugó törését, ezt követően a kocsit kisorolták és értesítették a legközelebbi, jelen esetben a pécsi javítóbázist. Innen az illetékes mérnök utazott el Sárbogárdra, hogy megállapítsa, hogy a személykocsi mozgatható-e, illetve milyen feltételek mellett szállítható el a pécsbányai javítóműhelybe. A mérnök úgy értékelte, hogy a kocsi „három lábon” vontatható. A leszállított kocsin a javítást elvégezték. A forgóváz sérült rugóját kicserélték.

A meghibásodott IC 3 Bo személykocsi 1978-79- ben a poznani Cegielski Vagongyárban készült. Ezt a kocsit a Bombardier MÁV Kft. újította fel és alakította át 2007-ben (ld.: 1.1. táblázat). A forgalomba a 2008/2009-es menetrend bevezetésével került. A

felújítás során az átlagosan harminc éves kocsik a magasabb szintű követelményeknek csak teljes átervezéssel, és átépítéssel feleltek meg.¹

Nyomtáv (mm)	1435
Ütközőtányérok közti távolság (mm)	24500
Forgóvázak	Áttervezett Opole forgóváz, tárcsafékkal
Kerékátmérő (mm)	920
Forgócsapok közötti távolság (mm)	17200
Padló magasság (mm)	1255
Szolgálati súly (t)	max 47
Maximális futástechnikai sebesség (km/h)	160
Engedélyezett sebesség (km/h)	140

1.1. táblázat IC 3 Intercity forgalomra felújított 3. generációs kocsik főbb műszaki adatai



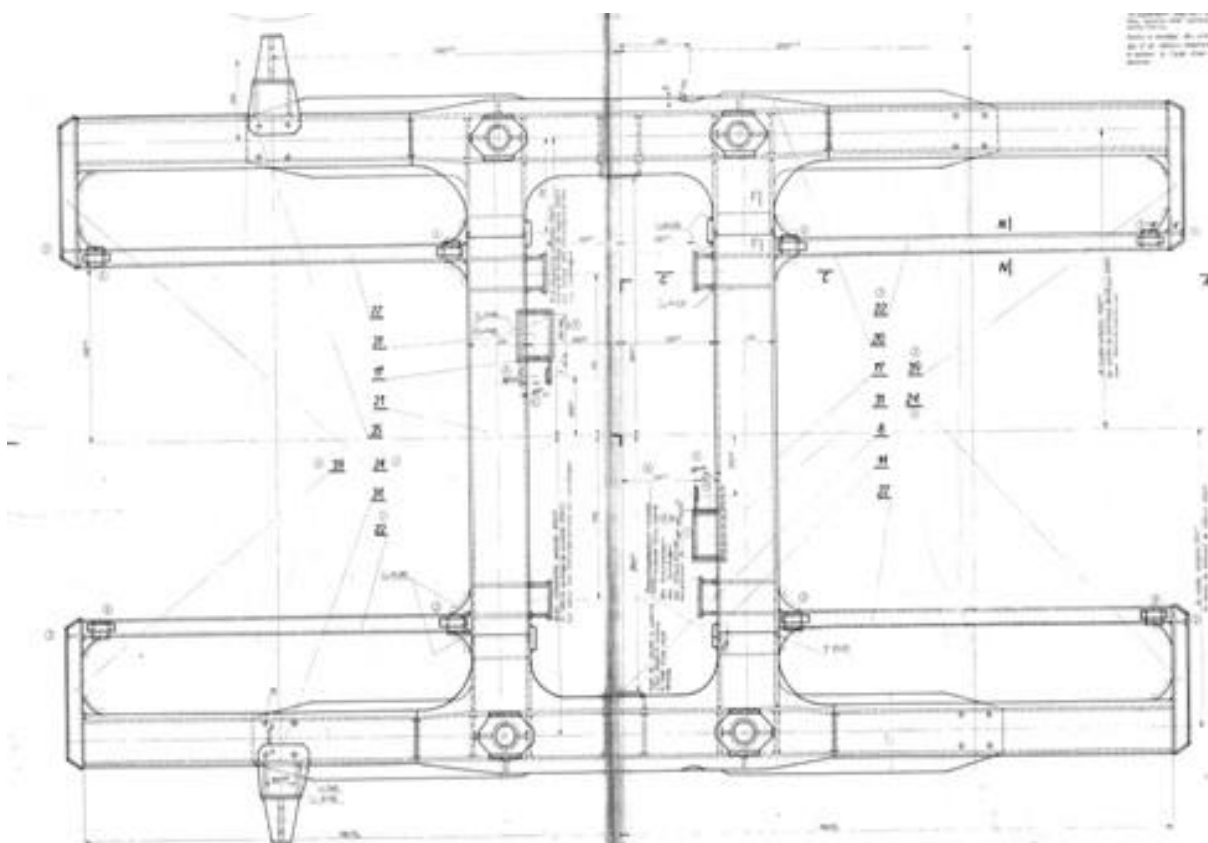
1.2. ábra IC 3 másodosztályú kocsik külső képe

Az átalakított kocsik önhordó kocsiszkevényűek, acélvázak, könnyített, hegesztett szerkezetűek (ld.: 1.3. és 1.4. ábra).

¹ V.ö.: <http://vasutgepeszet.hu/2009/05/ic/> Utolsó megnyitás: 2024. 04. 12.



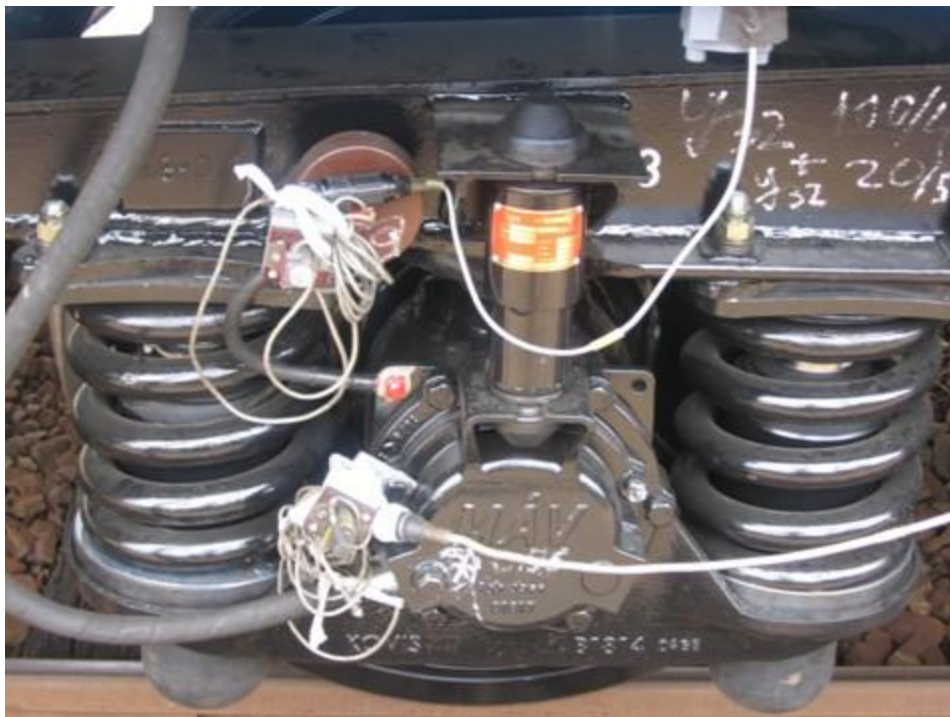
1.5. ábra Az eredeti Opole 4ANC forgóváz



1.6. ábra Az eredeti Opole 4ANC forgóváz keret



1.7. ábra Az átalakított forgóváz



1.8. ábra IC 3 kocs csavarrugói

Munkám során szeretném kideríteni, hogy mi okozhatta a csavarrugó törését, és szeretném beazonosítani a rugó anyagminőségét. Ezeket a rendelkezésemre álló anyagvizsgálati módszerekkel fogom elvégezni. A vizsgálat alatt keménységmérést, szikra próbát, spektroszkópos elemzést és a rugó anyagából készült csiszolat mikroszkópos vizsgálatát

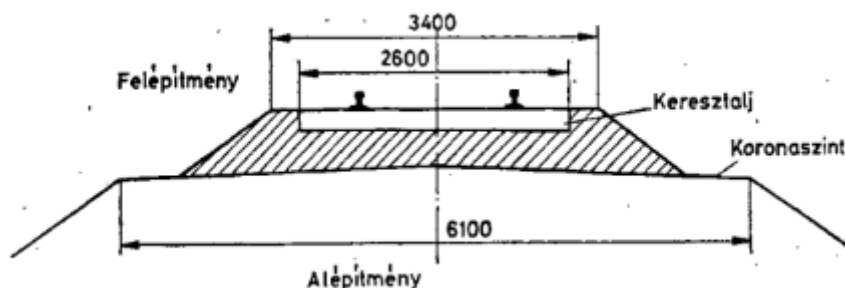
fogom elvégezni, tekintettel arra, hogy a rugó anyagából sem megfelelő nagyságú szakítópróbatestet, sem megfelelő nagyságú ütővizsgálati próbatestet nincs mód készíteni, ezért ezeket a vizsgálatokat, melyek fontos eredményeket adnának az anyagminőségre és a káreset lehetséges bekövetkezési okára vonatkozóan nem végeztem.

2. Irodalmi áttekintés

Munkám során a vasúti kocsik forgóvázára vonatkozó legrészletesebb mű, illetve a témának kiemelkedőjének Béres Istvánnak a hagyatéka a MÁV-START Vasúti Személyszállító Zrt. Archivumában érhető el. Az anyagvizsgálati módszerek vonatkozásában részletesebb, bővebb a szakirodalom.

3. Forgóváz csavarrugóinak terhelései, méretezése, anyaga

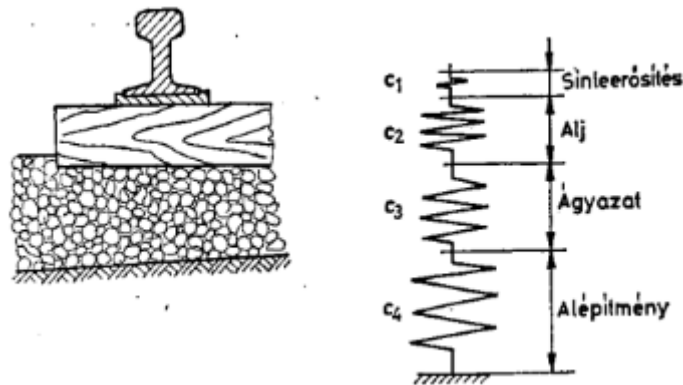
„A négytengelyű személykocsik sebességének és az utazási komfortnak a növelése fokozatosan kiszorította a forgóvázakból a laprugókat. A csavarrugózásnál a jármű lengésének csillapítása megfelelően méretezett lengéscsillapítókkal megbízhatóan kézbentartható. A laprugó esetében ugyanis a csillapítást több, a kocsi üzeme során véletlenszerűen változó tényező befolyásolja, ami a futásjóságra kedvezőtlenül hat. A csavarrugó anyagkihasználása kedvező, még a helykihasználása nem a legjobb. A rugó teherbírása annál nagyobb, minél vastagabb a rugószál átmérője és minél kisebb a rugó középátmérője. A rugó fajlagos besüllyedését a középátmérő növelésével fokozni, a szálátmérő növelésével pedig keményíteni lehet.” [1] Ma már a személyszállító kocsiknál és motorvonatoknál csak csavarrugózást használnak megfelelő lengéscsillapítóval együtt.



3.1. ábra A vasúti pálya keresztmetszete

Mielőtt a csavarrugók terheléseit vizsgálnánk, rendszerezni kell a forgóvázakra ható igénybevételeket. Meg kell vizsgálni a vasúti pálya legfontosabb rugalmassági és geometriai jellemzőit. A pályának a járművel közvetlenül kapcsolatba lévő része a felépítmény, ami a

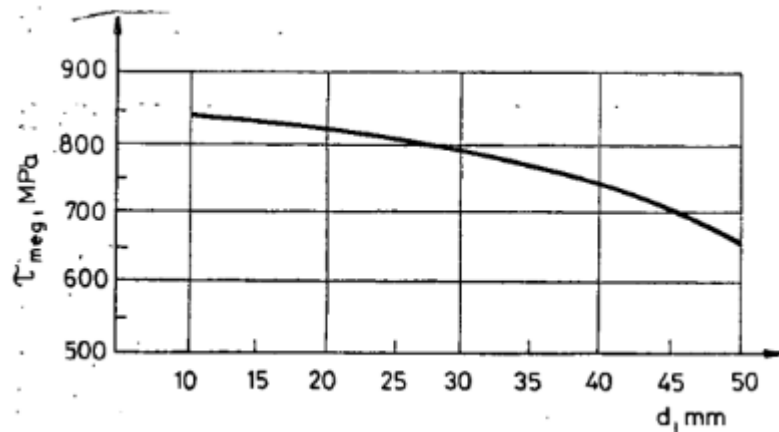
vágányt és az ágyazatot tartalmazza. Ezek és az alépítmény egymással sorba kapcsolt rugórendszernek fogható fel (ld.: 3.2. ábra).



3.2. ábra A vasúti pálya rugalmas jellemzői

A pálya vonatkozásában meghatározhatjuk a rugóállandókat, de vannak még a rendszerben surlódások és belső csillapítások is. A pálya olyan rugalmas rendszerként működik, amelynek dinamikai tulajdonságai függenek a pálya konstrukciójától. A vágány geometriai méretei időben nem állandóak, a terhelés és az időjárási befolyások hatására jelentősen változhatnak. A vasúti pálya, szemben a közúti pályával a rajta gördülő forgóváz okozta terhelés következtében jelentősen változtatja alakját, így az erőhatások csak a forgóváz- pálya kölcsönhatását figyelembe véve vizsgálható. A forgóvázra gyakorolt erőknél a koci és a kerékpár tömege, illetve a haladási sebesség is szerepet játszik. A leírtakból is látszik, hogy a pálya hibái komoly befolyásoló hatással lehetnek a csavarrugókat terhelő erő nagyságára.

„A hazai járműgyártásban a csavarrugók anyagaként a 60 SM1 és az 50 CV2 jelű rugóacélokat alkalmazzák (MSZ 2666-76). E rugóacélok megengedhető feszültségértékeit nyugvó terhelés, illetve $N < 10^4$ igénybevételi számra” a 3.3. ábra mutatja.



3.3. ábra Rugóacél megengedett feszültségei a szálátmérők függvényében

„Vasúti járművek rugói azonban korlátlan élettartamú rugók, amikor is $N > 10^7$. Ez esetben a lengő feszültség (τ_L) nagysága a mértékadó. Kifáradási diagramok hiányában a következő értéket célszerű felvenni a köszörült és csiszolt rúdból készült rugókra:

$$\tau_{Lmeg} = 160 \dots 240 \quad [\text{MPa}]$$

A statikus és dinamikus igénybevételek következtében létrejövő csúsztatófeszültség felső határa ne lépje túl az ábra értékeinek 90 %-át. Az anyag felületi minősége lényeges meghatározója a kifáradási határnak, ezért a rugóacél felületét a korróziótól és a felületi sérülésektől meg kell óvni. A hazai forgóvázgyártásban a hordrugókat csiszolt rudakból készítik.” [2]

Az idézetben szereplő anyagminőségek, illetve szabványszám mára korszerűsödött. A MÁV- START Műszaki feltételek Beszerzésekhez és szállításhoz Gyártmánycsoportonként 2017. évi dokumentumában szerepel, hogy a 60 SM1, 50 CV2 helyettesítő anyagminőségeként a 51CrV4, 1.8159- et (ez megfelel az EN 10089 szabványnak) használják (ld.: 2.1. táblázat).

1.8159 51CrV4	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
Minimum [%]	0,47	-	0,4	-	-	0,9	-	-	0,1
Maximum [%]	0,55	0,4	0,7	-	-	1,2	-	-	0,25

3.1. táblázat 51CrV4, 1.8159 ötvözet kémiai összetétele

„A közforgalmú vasúti járművek hordműveibe beépített primer hordrugó, és szekunder himbarugó, szekrénytám rugó (együttesen hordrugók), valamint a nyomatéktámnál alkalmazott csavarrugók és oldaltám rugók tartoznak a gyártmánycsoportba. A jármű haladása közben a hordmű rugózás szerepe függőleges terhelés felvétele mellett a pályahibák hatására a jármű rugózatlan részét érő rendkívül kedvezőtlen nehézségi gyorsulás többszörösének az elviselhetővé tétele. Rugózás következtében a pályára, illetve a járműre ható erők lecsökkennek, a gyorsulások az utasok számára kedvezővé válnak, megfelelő utazási komfortot biztosítanak. A nyomatéktám rugók a hajtómű, az oldaltám rugók a járműszekrény lengéseit csillapítják.” [3]

4. Törött rugó vizsgálata

A csavarrugó szálátmérője 35 mm. A rugó felülete alapozó korrózióvédő festékkal, (vörös színű), és két rétegben fekete fedő festékkal van festve a korrózióvédelem céljából. A törés a rugó alsó harmadában történt, a felfekvő felülettől számolva a harmadik menet befelé néző oldalán. A törés a rugó teljes keresztmetszetét nem érintette, ezért a törés belső felületének vizsgálatához hidegvágóval szétválasztottam a törött részeket (ld.: 4.1. ábra).



4.1. ábra A törés belső felületei

4.1.Szemrevételezés

A rugó az 4.2. ábrán látható módon tört el. A rugón látszik, hogy a repedés a középátmérőn fut végig, hossza megközelítőleg 180 mm. A törött szélek távolsága egymástól, ott, ahol az anyag szétrepedt 3 mm.

A törés a sárga csillaggal jelölt pontból indult. Ez a törés kiindulásakor lehetett feltételezésem szerint egy technológiai hibából adódó mikrorepedés, vagy anyaghiba például felületi zárvány vagy felületi sérülés. A törési pont a rugó keresztmetszetének húzott oldalán található. A fekete nyilakkal jelölt irányba indult el a törés. A törés képe jellegzetes, „kagylós”, ez a fáradásos törésre jellemző. A folyamat következtében a rugó teherbíró képessége folyamatosan csökkent. A kagylós törés hozzávetőlegesen 17 mm mélységig, hatolt be az eredetileg 35 mm- es átmérőbe. A törés ezt követően a semleges szál mentén hajszálrepedés formájában folytatódott. Ez a repedés a törési ponttól kezdve a középátmérő vonalán körbe haladt. A fáradásos törés kristályos töretfelülete a keresztmetszet nyomott oldalán helyezkedik el vertikális bordákkal. A töretfelületek erősen korrodálódott felülete arra utal, hogy a folyamat

hosszabb ideig tartott. A képen látható sík, egyenletes felszínű rész a semleges szál mentén halad. A törés ennek vonaláig haladt.



4.2. ábra A rugó töretfelülete

4.2.Keménységmérés

A keménységmérés során a rugó anyagának ellenállása mérhető egy belenyomódó szúrószerszámmal szemben. A mérés során a rugó anyagának statikus keménységét vizsgáltam. A Rockwell B mérés során a mérés pontatlanságát csökkentendő először előterhelést adtam a rugó anyagára, majd ezt követően nulláztam a mérőműszert. Ezután 100 kp főterhelést ($100 \text{ kp} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 981 \text{ N}$) adtam az 1/16" átmérőjű edzett acélgolyó szúrószerszámra. Az összerhelés értékét 15 s időtartamig tartottam fenn, majd a főterhelést megszüntettem. A maradó alakváltozás mértékét a prés mélységmérőjéről leolvastam. A mért értékek számolás elvégzése nélkül használhatóak.



4.3. ábra A méréshez használt keménységmérő

A méréshez a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar Gépészmérnöki Tanszék C0044 labortermében található IGV Budapest – RM401/A, 74- 6052, TP - 7R1 típusú, gyári szám: 38 Rockwell keménységmérőt használtam.

	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	Átlagos keménység
Keménység (HRB)	98	109	112	100	104,75≈105

4.1. táblázat A rugó mért keménységértékei

A DIN 50 150 szerinti összehasonlító táblázat alapján a 105 HRB megfelel 276 HB- nek és 290 HV- nek. A mért értékek megfelelnek az 51CrV4 lágyított állapotban mért keménységértékeinek, mivel az lágyított állapotban maximálisan keménységérték 280 HB lehet.

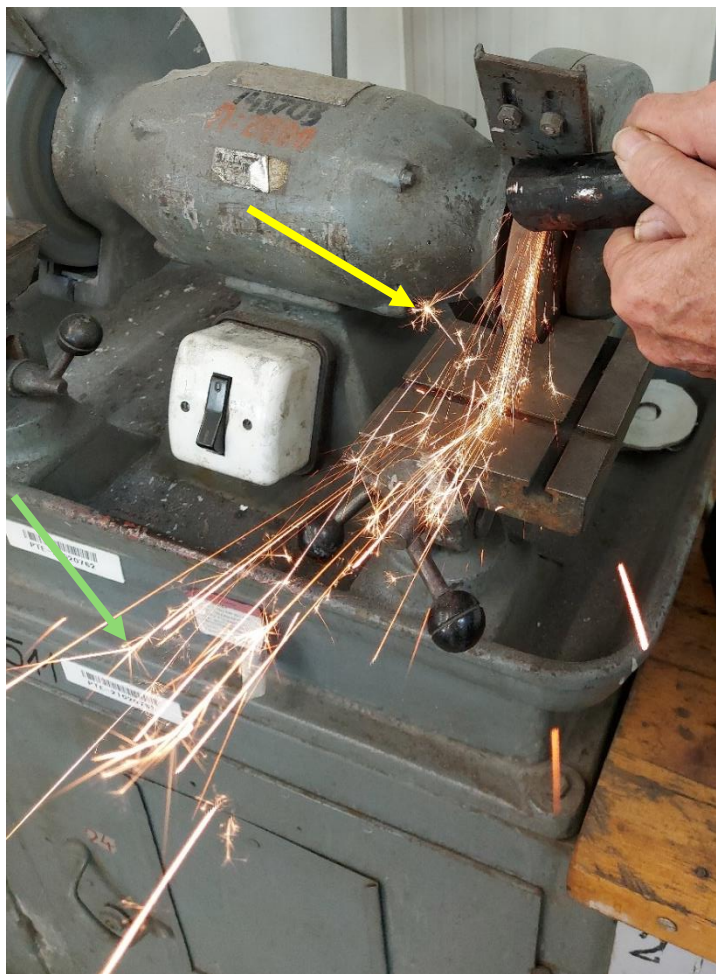
4.3.Szikra kép vizsgálata



4.4. ábra A rugó szikraképe 1.

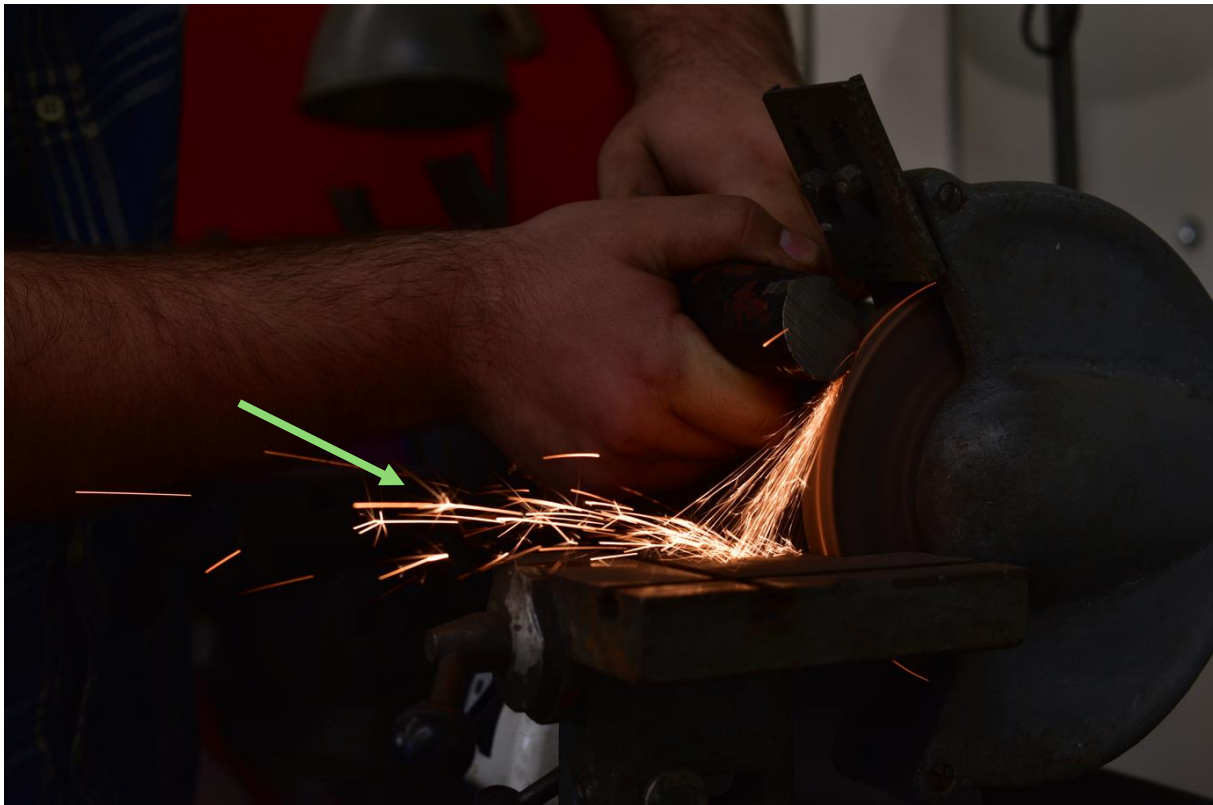
Az acélok anyagminőségének meghatározására használhatjuk a szikrapróbát. Az eljárás során a vizsgált anyagot egy köszörű koronghoz nyomva a korong 30- 60 mikró méter nagyságú szemcséket szakít ki az anyagból. A szemcsék felizzanak, ezért a szénttartalmuk elég, az izzó vasrészecske a szikra. A szikrák szikrasugarat, a szikrasugarak együttesen szikranyalábot alkotnak. Legjobban a szikra próba feltalálója és alkalmazásának első leírója a magyar Bermann Miksa (Győr, 1861. november 1. – Budapest, 1925. augusztus 2.) foglalta össze 1908- ban a Magyar Mérnök és Építészegylet Közlönyében: „A szikrasugarak hosszúsága 60 mm-től 500 mm-ig terjedhet az anyag-minőségtől függően, ezenkívül befolyásolja még a vasrészecske tömege, a csiszolókorong kerületi sebessége és a nyomás nagysága. A korongot elhagyó vasforgácsot hűti ugyan a levegő, oxigénje viszont táplálja az égést. Mivel a melegfejlődés nagyobb mértékű a lehűlésnél, a vasrészecske hőmérséklete folyamatosan emelkedik, fehéren

izzik, majd megömlik, explóziós jelenségek keletkeznek, ezekből azután következtetni lehet az ötvözet összetételére” [4] Ebből látható, hogy a különböző anyagminőségekre különböző szikraképek lesznek jellemzőek.



4.5. ábra A rugó szikraképe 2.

Első lépésben érdemes a szikrasugárvégződését megvizsgálni. A nagyobb szénttartalom esetén a tűskecsomó több tűskéből áll. A rugó esetében a szikrakép nagyobb szénttartalmat sejtet. A mangán tartalmú acélra jellemző szikranyalábokat is megfigyelhetünk a szikraképen. Ezt a 4.5. ábrán sárga nyíllal jelölt tűskecsomóból induló szekunder és terciér szikrakép támasztja alá. A szilícium tartalom abban nyilvánul meg, hogy a primer elágazásokból fokozatos vastagodású, hirtelen elvékonyodó háromszög alakúak a szikrasugarak. Ez jól megfigyelhető a 4.5. és a 4.6. ábra zöld nyíllal jelölt szikrasugarain. A további lehetséges ötvözőket nézve wolfram jelenlétére az alapján következtethetnénk, ha a sugárnyalábok gömbökben végződnének és a sugár szakadozott vonalú lenne. Ezt azonban nem figyelhetjük meg a szikra próba során.



4.6. ábra A rugó szikraképe 3.

A szikrapróbát a mai napig alkalmazhatjuk anyagminőség közelítő meghatározására, bár a spektroszkópia pontosabb és objektívebb adatokat szolgáltat. Fontos, hogy ismerjük, hogy a különböző ötvözők, milyen hatással vannak a vizsgálandó test szikraképre. A szikra próba alapján szerintem a vizsgált rugó anyagában a szénttartalom jelentős, ezen kívül ötvözőként tartalmaz mangánt, szilíciumot, viszont wolframot nem tartalmaz.

4.4.Spektroszkópos vizsgálat

A régóta használt berendezéseken történő alkatrészek pótlásakor, szerelésnél az idegen anyagok beépítésének ellenőrzésére is használják a kézi spektroszkópos vizsgálatot. Előnye a hozzávetőleges pontosság és a kis helyigény. A módszer ötvözetek fémes ötvözőit tudja kimutatni, ezért anyagazonosításra és anyag szétválogatásra egyaránt alkalmas. A vizsgálattal lehetőségünk nyílik arra, hogy egy ismeretlen anyagösszetételű alkatrész kémiai összetételét meghatározzuk. Általában helyszíni keménységméréssel egészül ki. Ezt már fentebb elvégeztük.



4.7. ábra A használt spektroszkóp

A vizsgálatot a Körber Hungária Kft. pécsi telephelyén a Minőség Ellenőrzési Osztály laboratóriumában végeztem 2024. április 15.-án, ahol a rendelkezésre álló ívkisüléses gerjesztésű spektrométerrel (ld.: 4.7. ábra), az alábbi mérési eredményeket kaptam a rugóból kivágott minta vizsgálata során (ld.: 4.2. táblázat).

Mérések száma	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Al (%)	Co (%)	Cu (%)	V (%)	Zn (%)
1.	0,46	0,70	0,90	0,96	0,062	0,068	0,017	0,011	0,20	0,12	0,004
2.	0,45	0,71	0,90	0,96	0,060	0,068	0,016	0,011	0,20	0,13	0,005
3.	0,45	0,71	0,89	0,95	0,061	0,070	0,015	0,011	0,19	0,12	0,005

4.2. táblázat A rugóacél ötvöző anyagai

A Béres István által írt „*Vasúti kocsik forgóvázai*” című könyvében szereplő 50 CV2 anyagminőség nagy valószínűséggel megfeleltethető a rugó anyagának. Az 50 CV2 anyagminőség jellemző paramétereit az alábbiakban adom meg (ld.: 4.8., 4.9. ábra).

Az acélminőség jele: 50 CV2

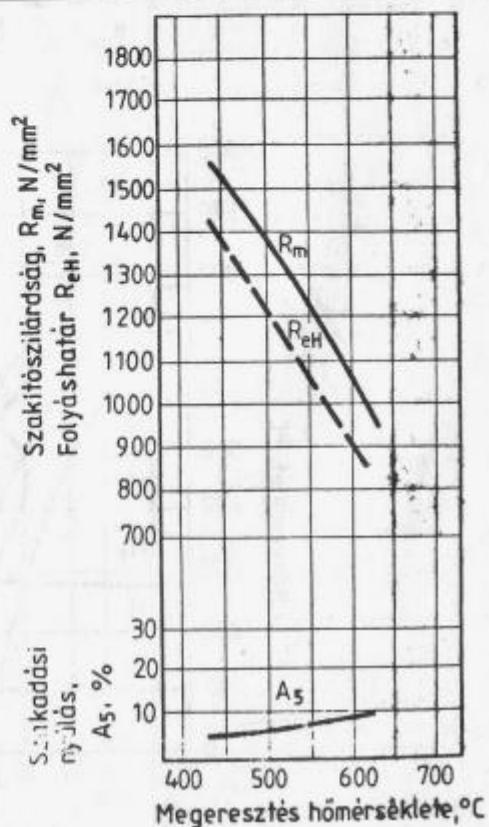
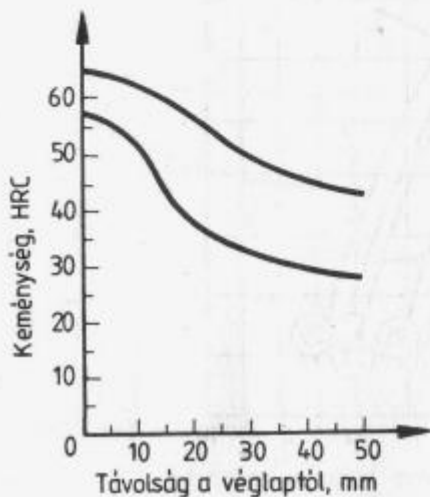
Cr-V ötvöztetésű finomszemcsés rugóacél, nagy terhelésekre.

Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si	Mn	Cr	V
0,47—0,55	0,15—0,40	0,80—1,10	0,90—1,20	0,10—0,20

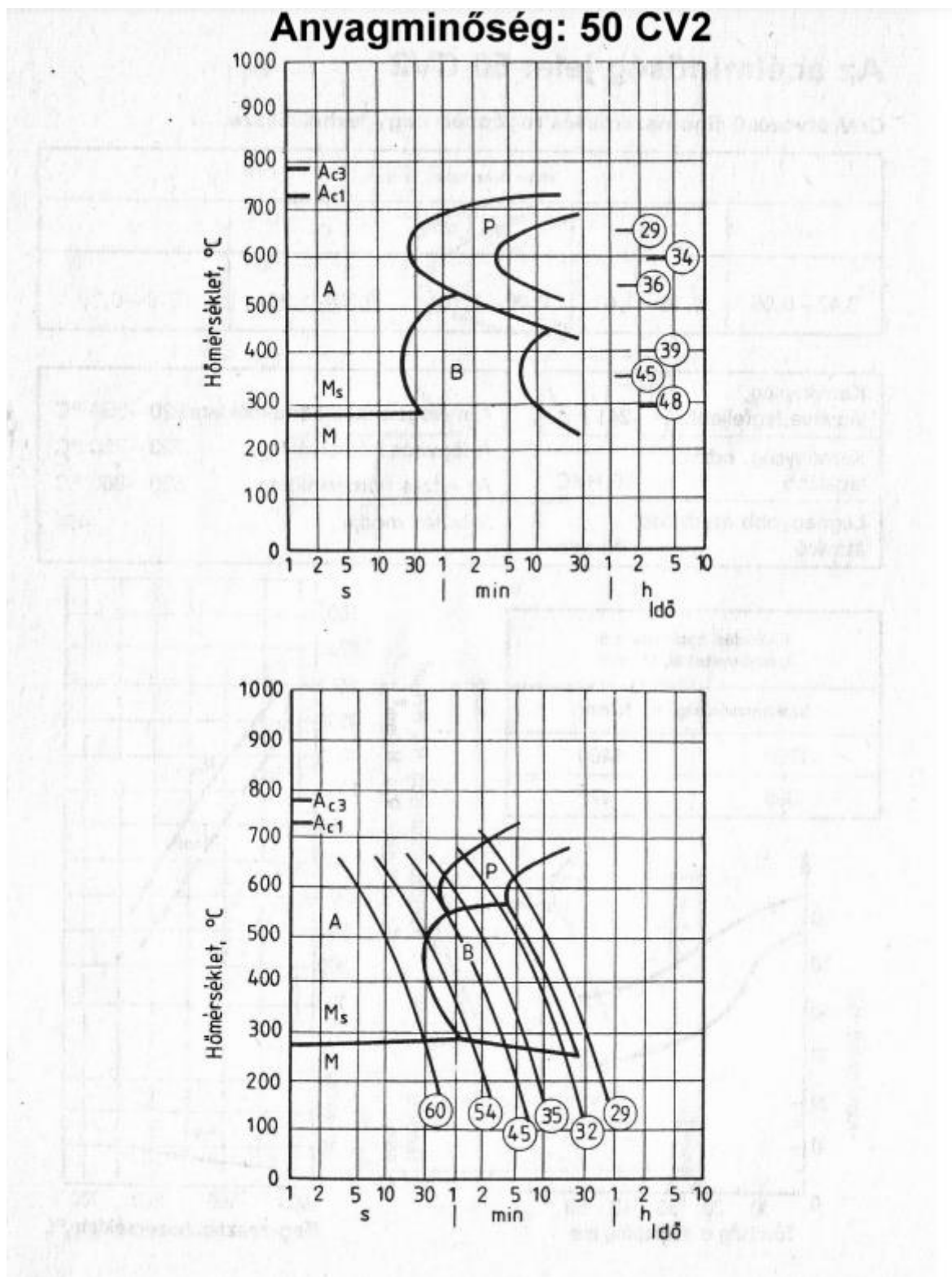
Keménység, lágýtva, legfeljebb	241 HB
Keménység, edzve, legalább	55 HRC
Legnagyobb átedződő átmérő	40 mm

A melegalakítás hőmérséklete 920—850 °C
A lágýtás hőmérséklete 720—750 °C
Az edzés hőmérséklete 830—860 °C
A hűtés módja olaj

Kifáradási határ csavaró igénybevételnél, N/mm ²	
Szakítószilárdság, R_m , N/mm ²	
1150	1400
390	470



4.8. ábra Az 50 CV 2 tulajdonságai



4.9. ábra Az 50 CV2 tulajdonságai 2.

Az 50 CV2 vegyi összetétele és a vizsgált rugó vegyi összetétele között eltérés csak a szilícium tartalomban volt. Nagy bizonyossággal kimondható, hogy a rugó 50 CV2 anyagminőségű acélból készült (ld.: 4.8., 4.9. ábra).

5. Kiértékelés, összegzés

Tekintettel arra, hogy rugótörés nem fordult elő sorozatban az IC 3 személykocsi átalakított Opole 4ANC forgóvázánál, így véleményem szerint nem történt méretezési hiba a tervezésnél. Mivel az eset egyedi, megállapítható az is, hogy az Opole 4ANC forgóváz átalakítása sem lehetett hatással a vizsgált rugó törésére. Az IC 3 kocsik Budapest és Pécs között közlekedtek a nyári időszakot kivéve, mert akkor a Balaton mellett használták őket. Ennek az volt az oka, hogy a kocsik klímaberendezése kifejezetten jól működik. Összességében elmondható, hogy adott pályaszakaszokon használták a kocsikat, így pályahibára sem lehet gyanakodni. A bevezetés során kifejtett pályahiba okozta túlterhelés véleményem szerint szintén nem játszott szerepet a rugó törésében. A spektroszkópos vizsgálattal sikerült megállapítani, hogy a törött rugó vegyi összetételében jelentősen nem tér el az előírt, alkalmazott 50 CV2 anyagminőségtől. Így a nem előírt anyag beépítése is kizárható a törés okaként.

Az egyedi eset kiváltó oka lehetett az, hogy a rugó gyártási művelete során abban a törés helyén feszültség maradt az anyagban. Ez a feszültség az igénybevétel hatására indíthatta el a törést. Az is okozhatta a rugó törését, hogy a törés kiindulási helyén anyaghiba például felületi zárvány vagy felületi sérülés volt. Az elvégzett vizsgálatok során a pontos okot nem tudtam megállapítani, de több feltételezett kiváltó okot sikerült kizárnom.

A keletkezett kár becsült nagysága az anyagárból, illetve a rugó cserejét végző dolgozók óradíjából származik. Hozzáadódik még a javító üzem üzemi költsége és a hibás kocsira eső vontatási költség is, bár ez nem számottevő költség. A technológiai előírás szerint a forgóváz rugójának cseréjét hat személynek kell végeznie. Kárként merül fel továbbá az is, hogy a sérült kocsit a javítás befejezéséig nem lehetett használni. A kár közelítő nagysága 450.000 Ft-ra tehető.

5. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni Hosszú Attilának a Pécsbánya- Rendező Járműjavítóműhely csoportvezető mérnökének, hogy a dolgozat tárgyát képező rugót rendelkezésemre bocsájtotta.

Szeretnék köszönetet mondani Vönöczky Andrásnak, aki rendelkezésemre bocsájtotta a Gépészmérnöki Tanszéken rendelkezésre álló mérőműszereket, berendezéseket. Szeretném még megköszönni a dolgozat összeállítása során tett építő megjegyzéseit, javaslatait.

Szeretném megköszönni Cseh Dávidnak, aki segített lefolytatni a Körber Hungária Kft.-ben a spektroszkópos vizsgálatot, csiszolatkészítést.

Szeretném megköszönni Nagy Gábornak, aki az irodalomkutatásban és a szakmai támogatásban volt segítségemre.

6. Felhasznált irodalom

- [1] Béres István, Dr. Komoróczy István, Dr. Oroszváry László, Dr. Simonyi Alfréd: *A vasúti kocsik forgóvázai*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987, 24. o.
- [2] Béres István, Dr. Komoróczy István, Dr. Oroszváry László, Dr. Simonyi Alfréd: *A vasúti kocsik forgóvázai*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987, 114-115.o.
- [3] https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/public-procurement/document/public/mfm07_hordrugok_0.pdf
- [4] Magyar Mérnök és Építész Egylet Közlönye 1908-iki évfolyam XLII. kötet, I-XII. füzet 146. o.

6. Ábrák, táblázatok jegyzéke

1.1. ábra A főcsavarrugó törött darabja	2
Saját felvétel	
1.2. ábra IC 3 másodosztályú kocsi külső képe.....	3
Farkas László: MÁV részére készült, – intercity forgalomra felújított – 3. generációs kocsik (IC3) műszaki ismertetése In: Vasútgépészet szakmai kiadvány, EDKOPRESS Kft., 2009 május	
1.3. ábra IC 3 elsőosztályú kocsi jellegrajza	4
Kiss Béla: Állítható nyomtávú forgóváz megvalósítási lehetőségei In: Nyomtáv váltós Intercity vonat közlekedése Magyarország és Ukrajna között 2009. szeptember 9- 10. Nyíregyháza	
1.4. ábra IC 3 másodosztályú kocsi jellegrajza	4
Kiss Béla: Állítható nyomtávú forgóváz megvalósítási lehetőségei In: Nyomtáv váltós Intercity vonat közlekedése Magyarország és Ukrajna között 2009. szeptember 9- 10. Nyíregyháza	
1.5. ábra Az eredeti Opole 4ANC forgóváz	5
Farkas László: MÁV részére készült, – intercity forgalomra felújított – 3. generációs kocsik (IC3) műszaki ismertetése In: Vasútgépészet szakmai kiadvány, EDKOPRESS Kft., 2009 május	
1.6. ábra Az eredeti Opole 4ANC forgóváz keret	5
Kiss Béla: Állítható nyomtávú forgóváz megvalósítási lehetőségei In: Nyomtáv váltós Intercity vonat közlekedése Magyarország és Ukrajna között 2009. szeptember 9- 10. Nyíregyháza	
1.7. ábra Az átalakított forgóváz	6
Kiss Béla: Állítható nyomtávú forgóváz megvalósítási lehetőségei In: Nyomtáv váltós Intercity vonat közlekedése Magyarország és Ukrajna között 2009. szeptember 9- 10. Nyíregyháza	
1.8. ábra IC 3 kocsi csavarrugói.....	6
Kiss Béla: Állítható nyomtávú forgóváz megvalósítási lehetőségei In: Nyomtáv váltós Intercity vonat közlekedése Magyarország és Ukrajna között 2009. szeptember 9- 10. Nyíregyháza	
3.1. ábra A vasúti pálya keresztmetszete	7
Béres István, Dr. Komoróczy István, Dr. Oroszváry László, Dr. Simonyi Alfréd: <i>A vasúti kocsik forgóvázai</i> . Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987, 91. o.	
3.2. ábra A vasúti pálya rugalmas jellemzői.....	8
Béres István, Dr. Komoróczy István, Dr. Oroszváry László, Dr. Simonyi Alfréd: <i>A vasúti kocsik forgóvázai</i> . Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987, 91. o.	
3.3. ábra Rugóacél megengedett feszültségei a szálátmérők függvényében.....	8

Béres István, Dr. Komoróczy István, Dr. Oroszváry László, Dr. Simonyi Alfréd: *A vasúti kocsik forgóvázai*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987, 114. o.

4.1. ábra A törés belső felületei	10
Saját felvétel	
4.2. ábra A rugó töretfelülete	11
Saját felvétel	
4.3. ábra A méréshez használt keménységmérő	12
Saját felvétel	
4.4. ábra A rugó szikraképe 1.	13
Saját felvétel	
4.5. ábra A rugó szikraképe 2.	14
Saját felvétel	
4.6. ábra A rugó szikraképe 3.	15
Saját felvétel	
4.7. ábra A használt spektroszkóp	16
Saját felvétel	
4.8. ábra Az 50 CV 2 tulajdonságai.....	17
https://witch.mik.pte.hu/oktatas/Tanszeki_anyagok/Gepeszternok_Tanszek/Meiszterics_Zoltan/Szerkezeti%20anyagok%20technol%3gi%e1ja%201/H%f5kezel%e9s%20seg%e9dlet.pdf	
4.9. ábra Az 50 CV2 tulajdonságai.....	18
https://witch.mik.pte.hu/oktatas/Tanszeki_anyagok/Gepeszternok_Tanszek/Meiszterics_Zoltan/Szerkezeti%20anyagok%20technol%3gi%e1ja%201/H%f5kezel%e9s%20seg%e9dlet.pdf	
1.1. táblázat IC 3 Intercity forgalomra felújított 3. generációs kocsik főbb műszaki adatai.....	3
Farkas László: MÁV részére készült, – intercity forgalomra felújított – 3. generációs kocsik (IC3) műszaki ismertetése In: Vasútgépészet szakmai kiadvány, EDKOPRESS Kft., 2009 május	
3.1. táblázat 51CrV4, 1.8159 ötvözet kémiai összetétele.....	9
https://www.stahlportal.com/en/stock/18159-51crv4/	
4.1. táblázat A rugó mért keménységértékei	12
Saját táblázat	
4.2. táblázat A rugóacél ötvöző anyagai	16
Saját táblázat	