

SOUČASNÉ TRENDY V KONSTRUKCI KOL PRO KOLEJOVÁ VOZIDLA

CURRENT TRENDS IN DESIGN OF WHEELS FOR RAILWAY VEHICLES

Petr JANOŠ¹, Pavel KUFA²

Abstrakt

Článek „Současné trendy v konstrukci kol pro kolejová vozidla“ pojednává o kolech pro nákladní vozy, o kolech pro osobní dopravu, pro lokomotivy a pro tramvaje. V oblasti kol pro nákladní vozy jsou představena především kola konstrukční školy společnosti BONATRANS. V oblasti kol pro osobní vozy jsou uvedena kola s moderními tlumiči hluku. Závěr příspěvku sumarizuje poznatky z konstrukce lokomotivních a tramvajových kol.

Klíčová slova

železniční kolo, tramvajové kolo, tlumič hluku, materiál kola, normy kol

Abstract

The article "Current trends in design of wheels for railway vehicles" deals with wheels for freight wagons, wheels for passenger cars, for locomotives and for trams. In the area of wheels for freight wagons, the wheels of the BONATRANS design school are mostly introduced. In the area of wheels for passenger cars, there are wheels with noise absorbers. Finally, the paper summarizes the design of wheels for locomotives and trams.

Keywords

railway wheel, tram – resilient wheel, noise absorber, wheel material, wheel standards

1 ÚVOD

Příspěvek „Současné trendy v konstrukci kol pro kolejová vozidla“ je rozdělen do sedmi kapitol. První kapitola je tvořena úvodem. Druhá kapitola s názvem „Kola pro nákladní vozy“ představuje kola konstrukční školy společnosti BONATRANS. Konkrétně jsou zmíněna kola BA 314, BA 319, BONA 313 a BA 320. Součástí kapitoly je rovněž porovnání hlučnosti těchto kol. Ve třetí kapitole „Kola pro osobní dopravu“ jsou uvedena kola s moderními tlumiči hluku, konkrétně s tlumiči **BONASILENCE[®]R**, **BONASILENCE[®]P** a **BONASILENCE[®]PR**. Ve čtvrté kapitole „Kola pro lokomotivy“ jsou představena kola pro nejrychlejší lokomotivy na světě ES 64 U4 (Taurus), dále kola pro lokomotivy ES 64 F4 (BR 189) a konečně optimalizovaná kola pro lokomotivy EffiShunter 600 společnosti CZ LOKO. Pátá kapitola „Kola pro tramvaje“ popisuje širokou škálu pryží odpružených kol společnosti BONATRANS od průměru 550 mm až do průměru 910 mm. Šestá kapitola „Normy železničních kol“ je stručným exkurzem do rozsáhlé problematiky legislativního rámce. Hlavní pozornost je věnována rozdělení světa podle převládající normy na železniční kola. A konečně sedmá kapitola – závěr shrnuje základní body příspěvku.

¹ Ing. Petr Janoš, Ph.D., MBA, BONATRANS GROUP a.s. Revoluční 1234, 735 94 Bohumín. Tel.: +420 775 860 141, e-mail: petr.janos@ghh-bonatrans.com

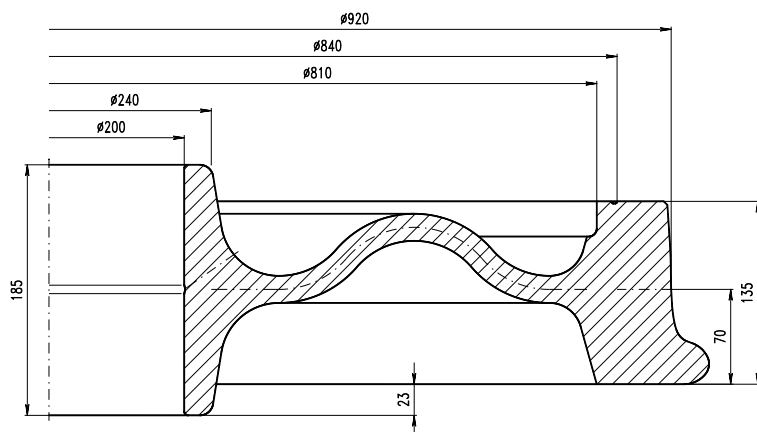
² Ing. Pavel Kufa, MBA, BONATRANS GROUP a.s. Revoluční 1234, 735 94 Bohumín. Tel.: +420 724 210 777, e-mail: pavel.kufa@ghh-bonatrans.com

2 KOLA PRO NÁKLADNÍ VOZY

Kola pro nákladní vozy jsou značně unifikována. Nová kola mají, v zemích Evropské unie, nejčastěji průměr 920 mm, maximálně opotřeбенá kola mají průměr 840 mm. Obvykle jsou určena pro nápravové zatížení od 20 do 25 tun a rychlost 120 km/h, ojediněle 160 km/h. Jsou vyráběna z materiálu ER7. Kola nákladních vozů jsou nejčastěji brzděna, na své jízdní ploše, brzdovými zdržemi. Proto tvar desky, těchto kol, vždy obsahuje výrazné prohnutí, které kompenzuje roztažení věnce vlivem jeho zvýšené teploty v průběhu brzdění. Teplota věnce může dosáhnout až 750 C°.

2.1 Kola typu BA 004

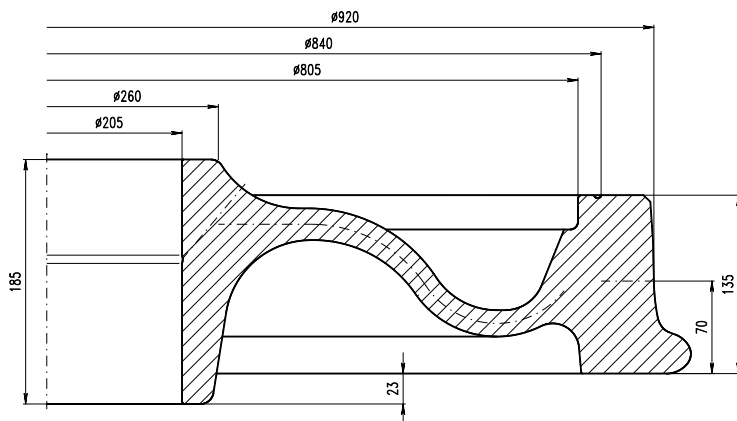
V Německu vyvinutá kola BA 004 patří do nulté generace. Vyhovují požadavkům norem EN 13979-1 a UIC 510-5. S hmotností 312 kg se jedná o doposud nejlehčí kola pro nápravové zatížení 23,5 tun. Po sérii poškození těchto kol v provozu sdružení VPI doporučuje tato kola provozovat pouze do průměru 880 mm. Proto tato kola již nadále nejsou považována za tepelně optimalizovaná.



Obr. 1 Kolo BA 004

2.2 Kola typu BA 314

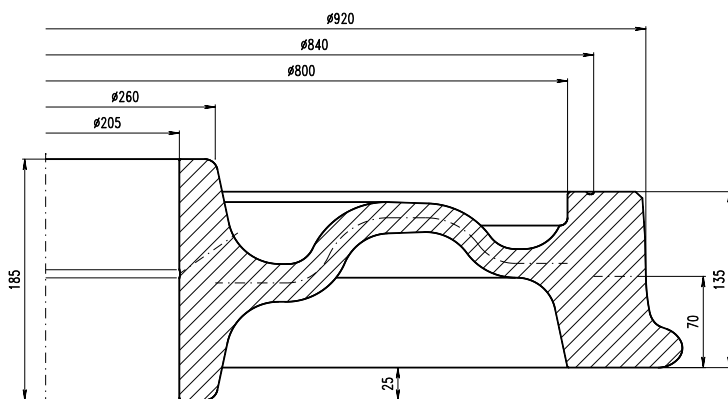
Typ BA 314 tvoří první generaci moderních kol pro nákladní vozy. Jedná se o kola konstrukční školy společnosti BONATRANS. Tato tepelně optimalizovaná kola jsou charakteristická prohnutím desky ve tvaru „S“. Kola s hmotností 330 kg jsou již více než 20 let standardem pro nápravové zatížení 25 tun. V dnešní době se však již jedná o částečně překonanou konstrukci.



Obr. 2 Kolo BA 314

2.3 Kola typu BA 319

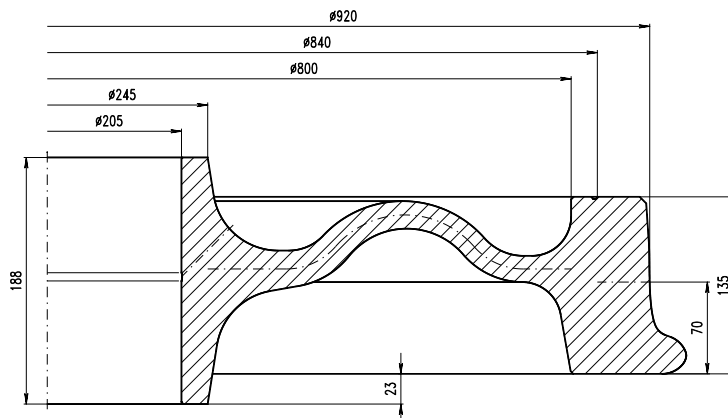
Ačkoli kola typu BA 314 jsou ověřená více než 20 lety provozu, vznikla potřeba vyvinout alternativu pro extrémní tepelné zatížení od brzdění špalíkovou brzdou. Touto alternativou jsou kola druhé generace společnosti BONATRANS, která nesou obchodní název **BBS – Bonatrans Brake Stability**. Optimalizace desky kol BBS přináší kromě zvýšené odolnosti proti tepelnému zatížení také mnohé další výhody. Především skutečnost, že z pohledu hlukových charakteristik lze tato kola označit jako velmi tichá, což je dáno patentovaným tvarem desky. Robustní kola s hmotností 342 kg jsou určena pro nápravové zatížení 25 tun a rychlost 120 km/h. Kola jsou určena pro nejnáročnější provozní nasazení, kontejnerovou dopravu apod. Díky svým vlastnostem je tento tvar desky s oblibou používán také pro kola lokomotiv, např. pro kola lokomotiv EffiShunter 600 společnosti CZ LOKO.



Obr. 3 Kolo BA 319

2.4 Kola BONA 313

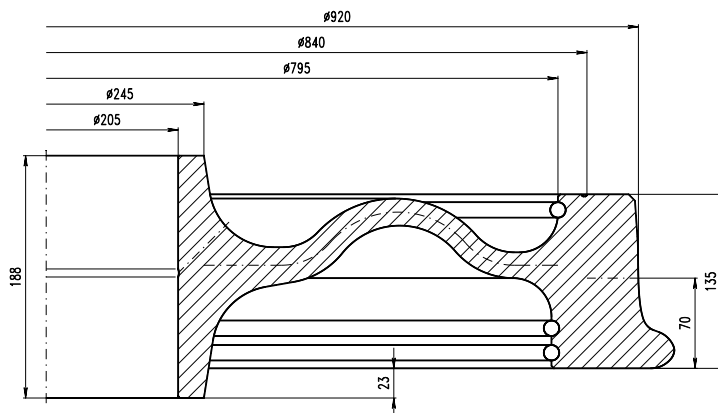
Třetí generace kol pro nákladní vozy společnosti BONATRANS je charakteristická snahou představit kola se sníženou hmotností. Tato snaha vznikla v souvislosti s potřebou redukovat hmotnost vozů a umožnit tak převážet hmotnější náklad. Kola třetí generace mají obchodní název BONA313. Označení BONA odkazuje na BONATRANS. Hodnota 313 je odvozena ze skutečnosti, že kola mají hmotnost 313 kg. V současné době se jedná o nejlehčí kola průměru 920 mm pro nákladní železniční vozy s nápravovým zatížením 25 tun na světě. Pozornost byla také věnována použitému materiálu. Společnost BONATRANS vyvinula speciální materiál **BONASTAR®ER7** s výrazně vyšší odolností proti opotřebení a proti poškození vlivem kontaktní únavy.



Obr. 4 Kolo BONA 313

2.5 Kola typu BA 320

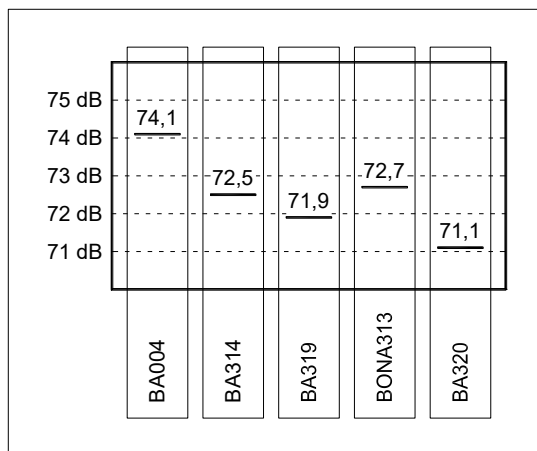
Kola typu BA 320 zastupují kola čtvrté generace. Přestože připojovací rozměry dvojkolí nákladních vozů zůstaly více než 50 let stejné, je pro čtvrtou generaci kol charakteristické maximální přizpůsobení jednotlivým požadavkům zákazníků, a to vždy s ohledem na konkrétní konstrukci nákladního vozu. Jedním z reprezentantů kol čtvrté generace jsou právě kola BA 320. Ta jsou odvozena z kol BONA 313. Jsou však osazena třemi tlumicími kroužky. Díky této konstrukční úpravě se jedná o nejtišší kola pro nákladní vozy s nápravovým zatížením 25 tun, která používají špalíkovou brzdu. Tuto skutečnost konečně potvrdily i výsledky měření v evropském projektu BMVi. Kola, která mají hmotnost pouhých 329 kg, včetně hmotnosti tlumicích kroužků, jsou vyrobena z materiálu ER7.



Obr. 5 Kolo BA 320

2.6 Porovnání hlučnosti kol pro nákladní vozy

Porovnání hlučnosti kol pro nákladní vozy je zobrazeno na níže uvedeném obr. 6. Nejhluchnější jsou kola typu BA 004. Ta byla konstruována s ohledem na silové a tepelné zatížení. Hlukové emise však v návrhu nebyla zohledněna. Následují kola BA 314 a BONA 313. Nejtišší kola, bez použití tlumičů hluku, jsou kola BA 319. Díky konstrukci desky kola BA 319 nedochází tak snadno k jejímu membránovému rozkmitávání. Absolutně nejtišší kola jsou kola BA 320 a to díky použití třech tlumicích kroužků s tím, že jeden je na vnější straně a dva jsou na vnitřní straně kola. Hlučnost kol v dB(A) byla měřena ve vzdálenosti 7,5 m od středu trati, ve výšce 1,2 m nad temenem kolejnice.



Obr. 6 Graf hlučnosti kol pro nákladní vozy

3 KOLA PRO OSOBNÍ DOPRAVU

Pro kola, která jsou určena pro osobní železniční vozy a jednotky, jsou charakteristické následující vlastnosti:

- Mají obvykle průměr 850, 860 či 890 mm, výjimečně 920 mm.
- Jsou určena pro rychlost od 80 km/h do 500 km/h.
- Nejčastěji jsou konstruována pro nápravové zatížení 15 až 17 tun.
- Obvykle se vyrábí z materiálu ER8 nebo ERS8 podle EN 13262.
- Velmi často jsou osazena brzdovými kotouči, které jsou přišroubovány k desce kola.
- Nejsou příliš unifikována, a tak každý výrobce osobního vozu, příměstské, regionální či vysokorychlostní jednotky používá vlastní specifickou konstrukci kol.
- Typickým znakem kol pro osobní dopravu je široké použití tlumičů hluku. Tlumiče hluku společnosti BONATRANS jsou ve stručnosti popsány dále:

3.1 Tlumiče hluku společnosti BONATRANS

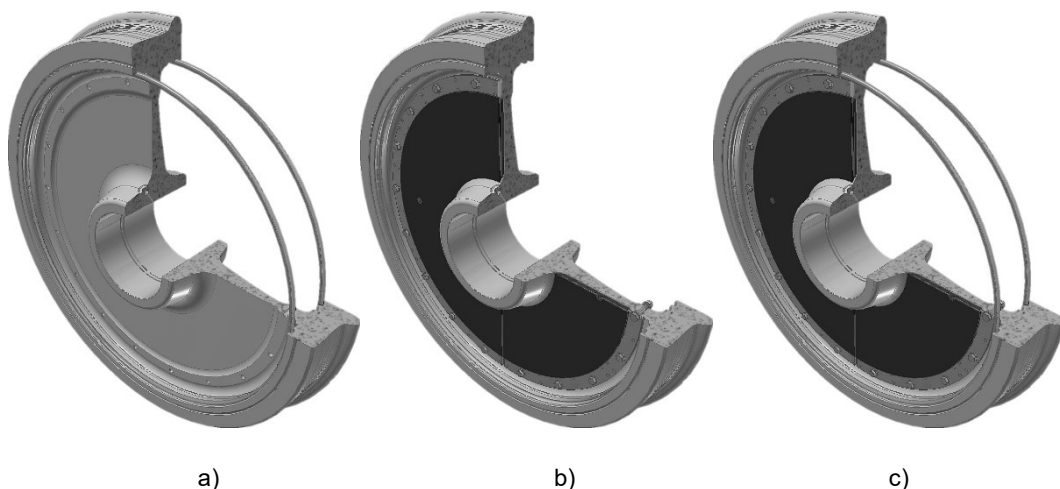
Mezi základní tlumiče hluku společnosti BONATRANS patří:

- **BONASILENCE®R** – Ring
- **BONASILENCE®P** – Plate
- **BONASILENCE®PR** – Plate + Ring

BONASILENCE®R je zobrazen na obr. 7 a). Je tvořen jedním, dvěma, nebo více tlumicími kroužky, které jsou vyráběny z nerezové oceli. Princip tlumiče **BONASILENCE®R** spočívá v převedení energie zvuku do tepelné energie, a to pomocí tření mezi tlumicími kroužky a povrchem drážek ve věnci kola. Jinými slovy, kmitání věnce kola způsobuje relativní pohyby mezi kroužky a kolem, což způsobuje tření a následně útlum hluku. *Běžně dosahované snížení valivého hluku kola je 3 dB(A).*

BONASILENCE®P je zobrazen na obr. 7 b). Deskové tlumiče se skládají z vrstev kovu, obvykle z nerezové oceli, a vrstev tlumicího materiálu, nejčastěji z pryže. Princip tlumiče spočívá v přenosu chvění věnce kola do deskového tlumiče. V něm se pak vibrace přemění na vnitřní tření pryže. Vzhledem k tomu, že deskový tlumič obsahuje pryžové části, je možné tyto tlumiče používat pouze na kolech, kde teplota věnce nepřesáhne 125 °C. Tedy na kolech, která jsou brzděná brzdovými kotouči. *Běžně dosahované snížení valivého hluku kola je 5 dB(A).*

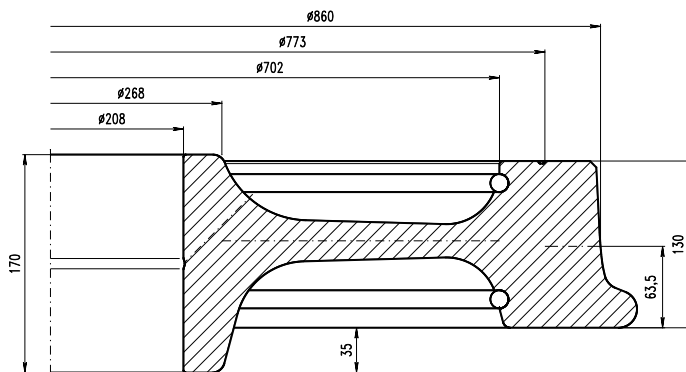
BONASILENCE®PR je zobrazen na obr. 7 c). Tato varianta je kombinací obou výše zmíněných variant. *Běžně dosahované snížení valivého hluku kola je v tomto případě 7 dB(A).*



Obr. 7 Tlumiče hluku společnosti BONATRANS

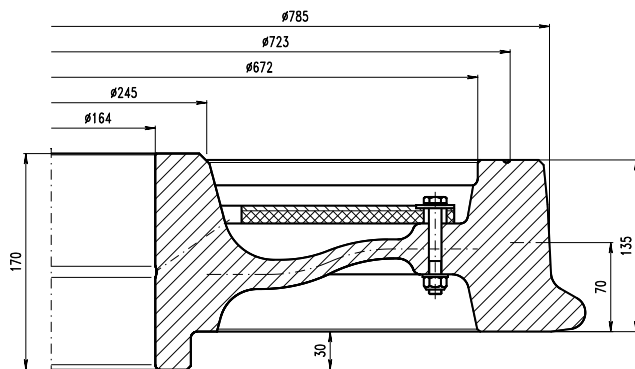
3.2 Příklady kol pro osobní dopravu

Tlumič **BONASILENCE®R** je, v podobě dvou tlumicích kroužku, použit na kole pro metro Kochi v Indii. Kola s dovoleným nápravovým zatížením 15 tun jsou vyrobena z materiálu ER7.



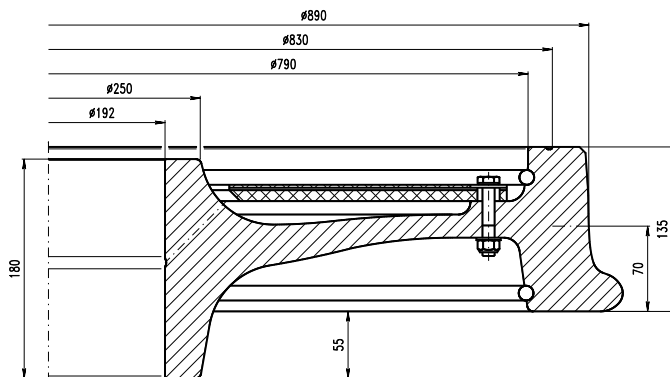
Obr. 8 Kolo pro metro Kochi v Indii

Kola jednotek Pražského metra 81-71M jsou osazena tlumiči **BONASILENCE®P**. Z důvodu montáže jsou tlumiče dělené. Kola, pro nápravové zatížení 13,5 t, jsou vyrobena z materiálu R8T.



Obr. 9 Kolo pro jednotky Pražského metra 81-71M

Kola jednotek Pendolino v ČR používají tlumiče **BONASILENCE®PR**. Jsou vyrobena z materiálu ER8 a určena pro nápravové zatížení 17 tun. Včetně všech tlumičů hluku váží 311 kg.



Obr. 10 Kolo pro jednotky Pendolino

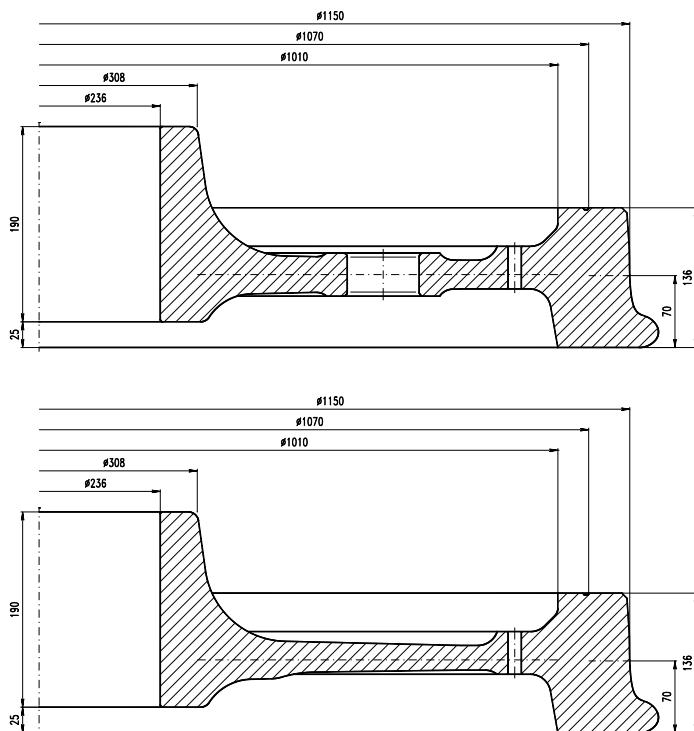
4 KOLA PRO LOKOMOTIVY

Současné konstrukce lokomotivních celistvých kol jsou charakteristické následujícími vlastnostmi:

- Mají obvykle průměr 1250 mm, 1100 mm, 1050 mm či 1000 mm. Dříve se na parních lokomotivách používala kola větších průměrů. Ta však byla obručová. Na Českých drahách používala největší kola parní rychlíková lokomotiva řady 375. Měly průměr 2100 mm. Parní lokomotiva řady 556 (Štokr), určená pro nákladní vozbu, měla průměr kol 1400 mm.
- Jsou určena pro rychlost od 80 km/h do 350 km/h.
- Jsou nejčastěji navrhována pro nápravové zatížení od 20 do 25 tun.
- Obvykle se vyrábí z materiálů ER8, ERS8 a ER9 podle EN 13262, z materiálů Class B a Class C podle AAR M-107/M-208 nebo z materiálu Marka 2 podle GOST 10791.
- Jsou často osazena brzdovými kotouči, které jsou přišroubovány k desce kola. S ohledem na trakční motory není totiž možné brzdové kotouče připevnit (nalisovat) na nápravu.
- Nejsou obvykle příliš unifikována. Každý výrobce lokomotiv používá specifickou konstrukci kol, popř. i více konstrukčních řešení.
- Některá kola používají také tlumiče hluku.

4.1 Kola pro lokomotivy ES 64 U4 (Taurus)

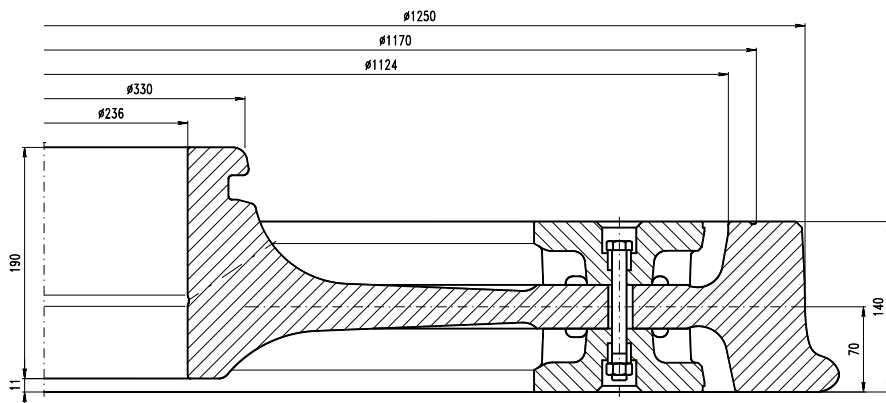
Hnací kola váží 569 kg. Běžná kola (bez otvoru v desce pro pohon) váží 539 kg. Obě kola, viz obr. 11, která jsou určena pro nápravové zatížení 22,5 tun, jsou vyrobená z materiálu ER9 a jsou vybavena osazením na desce pod věncem pro případnou dodatečnou montáž tlumičů hluku. Kola používají technologii lepeného nalisovaného spoje, kterou vyvinula společnost BONATRANS.



Obr. 11 Kola pro lokomotivy ES 64 U4

4.2 Kola pro lokomotivy ES 64 F4 (BR 189)

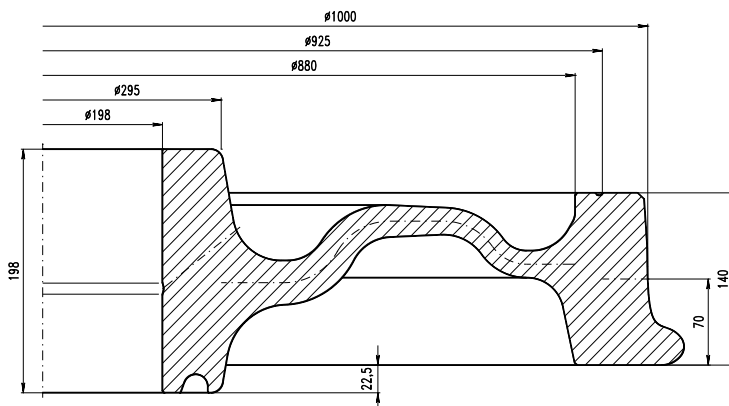
Kola viz obr. 12, která jsou vyrobená z materiálu ER8, mají hmotnost 609 kg. K této hmotnosti je nutné ještě připočítat hmotnost brzdového kotouče Knorr-Bremse, která je 187 kg. Brzdový kotouč je k desce kola připevněn šesti šrouby. Z důvodu snadnější demontáže kola z nápravy je na vnější straně náboje bajonet. Kola jsou určena pro nápravové zatížení 22,5 tun a rychlost 140 km/h. Těmito koly jsou osazeny elektrické lokomotivy druhé generace ES 64 F4, které vyrábí společnost Siemens. Označení lokomotivy **ES** označuje **Euro-Sprinter**. Označení **64** připomíná, že výkon lokomotivy je **6,4 MW**. Označení **F** pak znamená, že se jedná nákladní **F**reight lokomotivu. A konečně číslice 4 odkazuje na skutečnost, že lokomotiva je schopna pracovat se čtyřmi napájecími systémy.



Obr. 12 Kola pro lokomotivy ES 64 F4

4.3 Kola pro lokomotivy EffiShunter 600

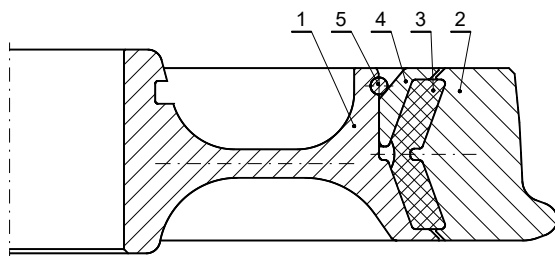
Jedná se o tepelně optimalizovaná kola, viz obr. 13, s obchodním názvem BBS, která byla společností BONATrans vyvinuta s ohledem na potřebu vysoké odolnosti proti tepelnému namáhání od brzdění špalíkovou brzdou. Kola odpovídají také požadavkům UIC 510-5. Mají hmotnost 426 kg a jsou vyrobená z materiálu ER9 v souladu s požadavky normy EN 13262. Kola mají na vnitřním čele náboje speciální odlehčovací drážku, která snižuje koncentraci napětí v nalisovaném spoji a tím zvyšuje jeho odolnost proti kontaktní, fretting korozi. Celistvá kola, která jsou navržena pro nápravové zatížení 22,5 tun, jsou s ohledem na připojovací rozměry určena pro české lokomotivy řady 749, 750, 751, 752, 753, 754 a 794. Primárně však tato kola byla vyvinuta a vyrobená pro lokomotivy EffiShunter 600 společnosti CZ LOKO jejíž výkon je 563 kW, hmotnost 72 tun a rychlost 80 km/h.



Obr. 13 Kola pro lokomotivy EffiShunter 600

5 KOLA PRO TRAMVAJE

Tramvaje, v dnešní době, používají téměř výhradně pryží odpružená kola. Jednotlivé konstrukce pryží odpružených kol vychází z konkrétní tradice výrobce a z jeho provozních zkušeností. Společnost BONATRANS má ve svém výrobním portfoliu celou řadu typů pryží odpružených kol. Standard však tvoří kola s obchodním názvem BTG. Tato pryží odpružená kola vznikala, ve společnosti BONATRANS, od roku 1994. Nejprve byla v laboratoři odzkoušena jejich radiální a axiální tuhost. Následně došlo na vlastní provozní zkoušky. K prvnímu nasazení těchto kol, do zkušebního provozu, došlo v roce 1997. Konkrétně na tramvaj T3, a to v rámci spolupráce s Dopravním podnikem města Ostravy. Ke konstrukci BTG získala společnost BONATRANS užitečný vzor. Uspořádání tohoto pryží odpruženého kola je patrné z obr. 14. Kolo se skládá z pěti základních částí: 1 – kotouče, 2 – obruče, 3 – pryžových segmentů, 4 – přitlačného kruhu a 5 – pojistného kroužku.



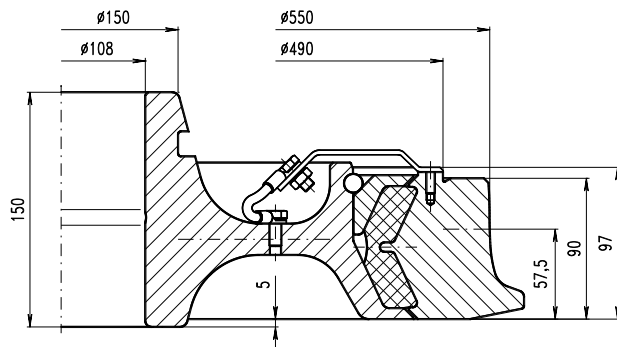
Obr. 14 Kolo BTG společnosti BONATRANS

Uspořádání pryží odpruženého kola BTG, se speciálním pružinovým zámekem, nevyžaduje šroubová spojení. Tato skutečnost snižuje hmotnost kol a výrobní náklady, navíc usnadňuje montáž a demontáž obruče. Konstrukce kola je rozebíratelná i na samotných vozidlech. Společnost BONATRANS má ve svém výrobním portfoliu pryží odpružená kola typu BTG od průměru 550 mm až do průměru 910 mm jak pro tramvaje, tak pro jednotky metra. Dovolené nápravové zatížení se může u kol větších průměrů blížit hodnotě 13 tun. Konstrukce kol BTG zcela splňuje nejčastější požadavky na pryží odpružená kola, která jsou:

- dosažení požadované radiální a axiální tuhosti,
- dosažení útlumu hluku,
- respektování zástavbového prostoru,
- snadná a rychlá montáž a demontáž obruče.

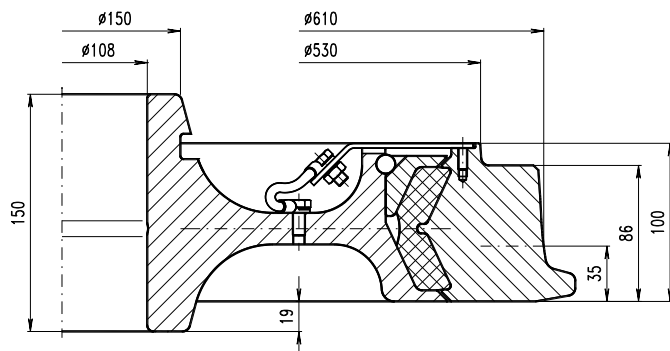
Použití pryží odpružených kol výrazně snižuje valivý hluk. Pro maximální potlačení kvílivého hluku je vhodné doplnit pryží odpružené kolo deskovým tlumičem hluku. Zvláštní pozornost při konstrukci pryží odpružených kol je věnována pojištění obruče proti protočení vzhledem ke kotouči. Je obvykle, že kolo obsahuje barevné pruhy mezi obručí a kotoučem, které v provozu indikují, že nedošlo k protočení. Životnost pryžových segmentů je způsobena životností obručí. Ta je však nižší než životnost kol standardních železničních vozidel. Toto je způsobeno dvěma faktory. První je, že tramvajová kola mají menší průměry. Druhým faktorem je skutečnost, že tramvajové tratě vedou středy měst, a proto mají často velmi malé poloměry. Je tedy velmi důležité, aby výměna obruče byla jednoduchá a aby ji bylo možno provést na samotné tramvaji, a to bez nutnosti vyvázání podvozku z vozidla. Pryžové segmenty jsou elektrický izolant. Proto jsou pryží odpružená kola osazena zemnicími můstky, které elektricky propojují obruč a kotouč. Zemnicí můstky jsou konstruovány tak, aby umožňovaly relativní pohyby mezi obručí a kotoučem.

Nejmenší pryží odpružené kolo, které vyrábí společnost BONATRANS má průměr 550 mm. Minimální průměr kola, po opotřebení, je 490 mm. Kolo, které váží 125 kg, je určeno pro nápravové zatížení 10 tun. Obruč je vyrobena ze standardního materiálu B6. Kotouč je vyroben z materiálu C3N.



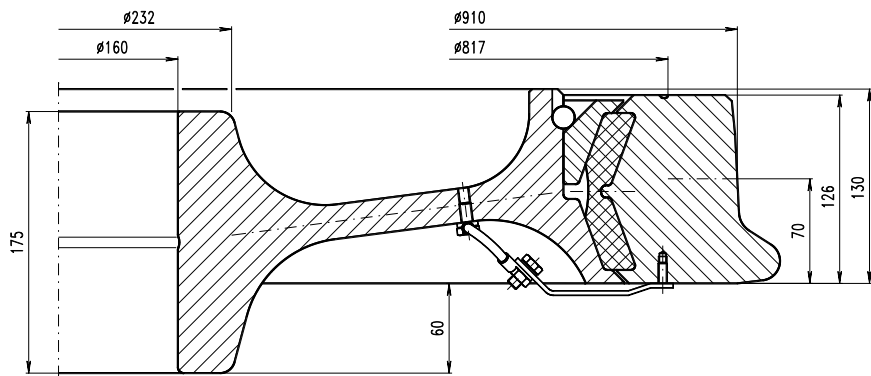
Obr. 15 Pryží odpružené kolo BTG průměru 550 mm

Standardní pryží odpružené kola mají nejčastěji průměr 610 mm. Kolo na obr. 16 váží 148 kg a je určeno pro nápravové zatížení 10 tun. Obruč je vyrobena z materiálu **BONASTAR®B6** se zvýšenou životností. Kotouč je vyroben z materiálu C3N. Kolo je osazeno dvěma zemnicími můstky.



Obr. 16 Pryží odpružené kolo BTG průměru 610 mm

Největší pryží odpružené kolo, které vyrábí společnost BONATRANS podle své vlastní konstrukce, má průměr 910 mm. Kolo váží 397 kg. Kotouč, který má hmotnost 155 kg, je vyroben z materiálu C3N. Obruč, s hmotností 215 kg, je vyrobena z materiálu B5T.



Obr. 17 Pryží odpružené kolo BTG průměru 910 mm

6 NORMY ŽELEZNIČNÍCH KOL

V různých místech světa platí různé normy upravující technické požadavky na železniční kola. S jistým zjednodušením je možné svět, podle těchto norem, rozdělit na pět oblastí. Konkrétně do oblastí, kde se používají normy EN, normy AAR, normy GOST, normy JIS a konečně oblastí, kde není možné hovořit o žádné převládající normě.

Normy EN: oblast, která je na obr. 18 šrafovaná horizontálními čtverci.

Ty platí v Evropské unii, ve státech Severní Afriky, a v některých zemích Arabského světa. Jsou také částečně používány pro vysokorychlostní aplikace v Číně a v Rusku, obecně v Asii. V dohledné době budou pravděpodobně použity také v USA v segmentu vysokorychlostních jednotek.

Normy AAR: oblast, která je na obr. 18 šrafovaná čtverci pod úhlem 45°.

Primárně jsou používány v USA, dále v Kanadě, v Mexiku, v zemích jižní Ameriky, v Austrálii a částečně také v Africe, a to v oblastech kde železnice vznikala s použitím americké technologie.

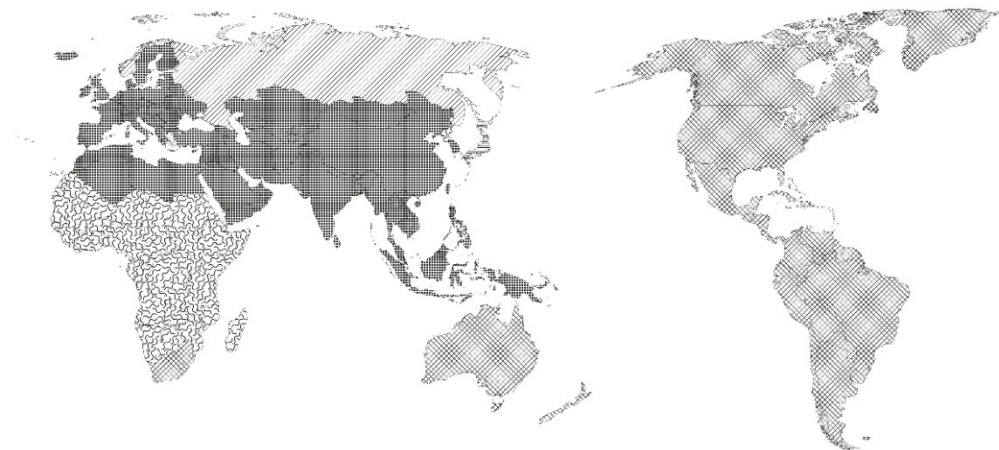
Normy GOST: oblast, která je na obr. 18 šrafovaná pod úhlem 45°.

Platí v Rusku a v některých zemích bývalého Sovětského svazu. Normy GOST, pro železnici, byly částečně odvozeny z norem AAR díky dodávkám kolejových vozidel z USA a to ve 30. letech 20. století a v průběhu 2. světové války. Normy GOST jsou v oblasti nákladní přepravy dodnes mnohdy aktualizovány podle vývoje norem AAR. V oblasti osobní vysokorychlostní dopravy pak normy GOST často vychází z přístupů EN, jelikož Amerika v tomto segmentu dopravy značně zaostala jak za Evropou, tak za Asii.

Normy JIS: oblast, která je na obr. 18 šrafovaná horizontálně.

Platí především v Japonsku. Mají, ale také vliv na Jižní Koreu a Taiwan. Částečně se používají také v Austrálii (tratě s Kapským rozchodem) a v zemích jihovýchodní Asie, kde Japonsko tradičně dodává svá nová i použitá kolejová vozidla.

V rozvojových zemích Afriky vznikaly železniční dopravní systémy většinou v souvislosti s těžbou nerostů. Normy jsou tak obvykle spojeny s původem těžbařské společnosti nebo s původem používaných kolejových vozidel. Většinou se v Africe používají, s výjimkou severní Afriky, normy, které vychází z AAR. Není to však pravidlem. V zásadě zde nelze hovořit o žádné převládající normě. V poslední době se v Africe, s ohledem na aktivní přítomnost Číny, používají také její normy.



Obr. 18 Rozdělení světa podle převládající normy na železniční kola

7 ZÁVĚR

Tento příspěvek s názvem „Současné trendy v konstrukci kol pro kolejová vozidla“ sumarizuje výrobní portfolio společnosti BONATRANS v oblasti železničních kol. V této souvislosti představuje kola pro nákladní vozy, kola pro osobní dopravu, kola pro lokomotivy a konečně pryží odpružená kola především pro tramvaje. V oblasti kol pro nákladní vozy byla představena kola konstrukční školy společnosti BONATRANS s tím, že byly také porovnány jejich hlukové emise. V oblasti kol pro osobní dopravu byla představena kola s moderními tlumiči hluku. V segmentu kol pro lokomotivy byla představena kola pro moderní lokomotivy společnosti Siemens a CZ LOKO. V oblasti kol pro tramvaje pak byla představena kola průměru 550 mm, 610 mm a 910 mm. Závěrem byly stručně představeny jednotlivé normy upravující technické podmínky železničních kol.



Literatura

- [1] JANOŠ, P. *Dvojkolí pro městskou mobilitu*. 1. vydání. Ostrava 1: En Face, 2021. ISBN 978-80-87264-84-3.
- [2] JANOŠ, P. *Lokomotivní dvojkolí a jeho díly*. 1. vydání. Ostrava 1: En Face, 2019. ISBN 978-80-87264-81-2.
- [3] JANOŠ, P. *Nápravy železničních dvojkolí*. 1. vydání. Ostrava 1: En Face, 2018. ISBN 978-80-87264-78-2.
- [4] JANOŠ, P. *Dvojkolí pro osobní přepravu*. 1. vydání. Ostrava 1: En Face, 2017. ISBN 978-80-87264-70-6.
- [5] JANOŠ, P. *Jakosti materiálů pro železniční kola*. 1. vydání. Ostrava 1: En Face, 2016. ISBN 978-80-87264-72-0.