

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

NOVÉ TRENDY A MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI KONSTRUKCI RÁMŮ JÍZDÍCH KOL

NEW TRENDS AND MATERIAL USAGE IN BICYCLE FRAME DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VLADIMÍR JELÍNEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN JULIŠ, Ph.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav materiálových věd a inženýrství

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Vladimír Jelínek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nové trendy a materiály používané při konstrukci rámu jízdních kol

v anglickém jazyce:

New trends and material usage in bicycle frame design

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Literární rešerše shrnující dosavadní poznatky a nové trendy při konstrukci rámu jízdních kol.

Cíle bakalářské práce:

1. Historický přehled materiálů pro rámy jízdních kol
2. Nové trendy v konstrukci a materiály používané pro rámy kol

Seznam odborné literatury:

- [1] Michna, Š.: Encyklopedie hliníku. Děčín: Alcan Děčín Extrusions, 2005. 1 elektronický optický disk (CD-ROM). ISBN 80-89041-88-4
- [2] Sedláček, V.: Neželezné kovy a slitiny. 1.vyd. Praha: SNTL, 1979. 398 s.
- [3] Kainer, K.U.: Magnesium alloys and technologies. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. 285 s. ISBN 3-527-30570-X
- [4] Chung, Deborah, D. L.: Composite materials, functional materials for modern technologies. London, Springer, 2003. 289 s., ISBN 185233665X

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Juliš, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.
V Brně, dne 19.11.2009

L.S.

prof. RNDr. Jaroslav Cihlář, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt:

Bakalářská práce ve své první části shrnuje vývoj jízdního kola od drezín až po nízká kola se zaměřením na materiál rámu daného bicyklu. Práce také v této části obsahuje přehled drobných konstrukčních úprav, kterými bylo kolo postupně osazováno, jako je například Bowdenova brzda nebo první typ převodového systému. Ve druhé části práce je popsán princip funkce a druhy odpružených vidlic a kotoučových brzd. Dále je uveden přehled materiálů, které se v současné době používají pro rámy kol se zaměřením na výhody a nevýhody daného materiálů a jeho dalšího předpokládaného uplatnění.

Abstract:

Thesis in its first part summarizes the evolution of the bicycle from the draisine to the low wheels with a focus on the material of the frame of the bicycle. Also discussed in this section is an overview of small structural modifications, which were gradually used on a bike, like Bowden brake or the first type of transmission system. In the second part, the thesis describes the operating principles and types of suspension forks and disc brakes. Mentioned are materials that are currently used for bike frames with a focus on the advantages and disadvantages of each material used and its future anticipated use.

Klíčová slova:

Historie jízdních kol, drezína, vysoké kolo, nové trendy v konstrukci jízdních kol, odpružená vidlice, kotoučová brzda, materiály rámu jízdních kol, ocel, hliník, karbon

Keywords:

History of bicycles, draisine, high wheel, new trends in construction bicycles, sprung fork, disc brake, materials for bicycle's frames, wheel, aluminium, carbon

Bibliografická citace:

JELÍNEK, V. *Nové trendy a materiály používané při konstrukci rámců jízdních kol*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Juliš, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci „Nové trendy a materiály používané při konstrukci rámců jízdních kol“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Juliše, Ph.D. s použitím uvedené literatury.

V Brně dne 23. května 2010

.....
Vladimír Jelínek

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinovi Julišovi, Ph.D. za přínosné konzultace, cenné rady a připomínky při tvorbě této práce.

Obsah

1. Úvod	9
2. Historie	10
2.1. Drezíny	11
2.2. Velocipéd	12
2.3. Vysoké kolo.....	13
2.4. Tricykl	15
2.5. Bezpečné kolo	15
2.6. Nízke kolo	16
2.7. Drobné úpravy.....	17
2.7.1. Bowdenova brzda	17
2.7.2. Plátěné blatníky	17
2.7.3. Měnitelné převody.....	18
2.7.4. Zvláštní konstrukce jízdního kola	19
3. Nové trendy v konstrukci a materiály používané pro rámy kol	21
3.1. Nové trendy v konstrukci	21
3.1.1. Odpružené vidlice	21
3.1.2. Kotoučové brzdy	23
3.1.3. Lehokola.....	25
3.2. Materiály používané pro rámy jízdních kol	27
3.2.1. Volba materiálu	27
3.2.2. Ocel	29
3.2.3. Hliník.....	30
3.2.4. Titan	31
3.2.5. Karbon	32
3.2.3. Hořčík.....	33
4. Závěr.....	34
Seznam použitých zdrojů	35

1. Úvod

Jízdní kolo je stále v současnosti v mnoha profesích a regionech hlavním dopravním prostředkem. Například Britská královská pošta začala využívat bicykly již koncem 19. století a používá je dodnes. Londýnská záchranná služba představila nedávno zdravotníky na kolech, kteří se mohou často dostat na místo nehody v centrálním Londýně rychleji než sanitky. Jízdními koly jsou také vybaveny některé policejní hlídky, protože strážníci na kolech jsou pozitivněji vnímáni veřejností a také se lépe pohybují v obytných zónách. Bicykly byly také využívány v armádě, kdy ve druhé světové válce Němci přesouvali vojsko za pomoci kol a Britové vysílali vzdušné jednotky vybavené skládacími koly. Při invazi amerických vojsk do Afghánistánu byly zprávy předávány na horských kolech. Poslední zemí, kde ještě součástí armády byl pluk vojáků s koly je Švýcarsko, které ovšem tuto svou jednotku rozpustilo v roce 2003.

Ačkoliv dnes bereme jízdní kolo, jako samozřejmost, nebyl jeho vývoj úplně jednoduchý. Mezi prvními kdo se myšlenkou sestavení jednostopého vozidla poháněného silou lidských svalů zabýval, byl koncem 15. století Leonardo da Vinci. Svůj návrh ovšem nikdy nezrealizoval a tak se do širšího povědomí zapsal až vynález Karla Draise z počátku 19. století. Drezína, jak byl stroj nazýván, prošla za posledních 200 let značným vývojem, kdy se nejprve průměr předního kola zvětšoval a zadního zmenšoval, až vznikla legendární vysoká kola. Následně s objevem a zavedením měnitelných převodů se průměr obou kol snižoval, až se ustálil na hodnotách, které známe z dnešních bicyklů.

Protože je v dnešní době jízdní kolo velmi rozšířeno je jasné, že se od sebe budou lišit jednotlivé typy kola a to konstrukčním řešením a používanými materiály. Jinak jsou řešeny rámy kol vhodných pro jízdu v terénu, kol závodních nebo trekkingových kol. Nevhodné je například použít pro závodní silniční kola přední odpružené vidlice, zatímco u horských kol, která jsou určena pro jízdu v nepřístupném terénu, je užití tohoto prvku nezbytné.

2. Historie

O prvenství vynálezu jízdního kola vedou spory četné evropské země i města. Nejčastěji bývá za jeho vynálezce považován Němec Karl Friedrich Ludwig Christian Drais ze Sauerbronnu v Bádensku. Ovšem již dávno před ním se kolem roku 1492 zabýval možností, jak se přepravovat za pomoci vlastní síly, renesanční umělec Leonardo da Vinci. Jeho skici kol se v podstatě podobaly dnešním strojům. Bicykly byly opatřeny říditky, dvěma koly, sedlem a pedály, za jejichž pomoci poháněl jezdec přes řetěz nebo řemen zadní kolo. Da Vinci tedy vycházel z možnosti udržení stability jezdce na jednostopém stroji za pomoci setrvačnosti. Jeho myšlenky ovšem zůstaly pouze na papíře a hmotného naplnění se nedočkaly. První vozidlo poháněné lidskou silou sestrojil kolem roku 1650 norimberský hodinář Johan Hautzche. Že ani on ale nebyl první, dokazuje kresba na okně anglického kostelíka ve vesničce Stoke Poges [1]. Neznámý malíř zde okolo roku 1645 vykreslil anděla, který sedí na dvoukolém vozidle jako na koni. Dále následoval francouzský konstruktér Medé de Sivrac, který roku 1791 zkonstruoval stroj nazývaný céleriferu („rychloběžka“). Další pozoruhodný samohyb bylo možné spatřit v roce 1801 v slavnostním průvodu při korunovaci ruského cara Alexandra I. Tento stroj byl zvláštní tím, že byl vybaven na předních kolech šlapadly. V průvodu ho řídil sám vynálezce uralský nevolník Artamov. [1, 6]

Všechny stroje před Draisovým vynálezem byly ovšem postiženy stejným nepochopením od současníků a potkal je osud mnoha jiných vynálezů. Přišly na svět příliš brzy a lidé na ně ještě nebyli připraveni. Teprve až v r. 1813 se drezína, stala opravdovým lidovým dopravním prostředkem. Aby však nebylo sporům o vynálezce jízdního kola konec, objevily se téměř současně stejné stroje také v Anglii a Francii. Vynálezci tak vznikly trable s přiznáním patentu nejen doma v Německu, ale i v ostatních státech. [1, 6]

2.1 Drezíny

Drezínu vynalezl německý polesný Karl Drais již v roce 1813, ale patentovat se mu ji podařili, po mnoha neúspěšných pokusech, až v lednu roku 1818. K tomu, aby přesvědčil úředníky na patentovém úřadě, musel prokázat využití kola v běžném životě. V roce 1817 proto urazil vzdálenost z Mannheimu až k francouzským hranicím, která běžně poštovnímu dostavníku trvala 16 hodin přibližně o čtvrtinu rychleji a dosáhl průměrné rychlosti 15 km/h. [1, 7]

Draisova drezína byla značně nepohodlná a jezdec na ni seděl obkročmo. Měla dřevěnou konstrukci a loukoťová kola s železnou obručí (Obr. 1). Hlavním dílem rámu byl vodorovný trám. Pod přední částí se nacházela vzpěra, která měla tvar písmene V. Na této vzpěře bylo podlouhlé sedlo potažené kůží. Před sedátkem leželo napříč tzv. vyvažovací prkno, o které si jezdec opíral svá předloktí. Kolo bylo poháněno směrem vpřed dlouhými běhovými kroky nebo skoky a dosahovalo maximální rychlosti 10 až 15 km/h. Brzdilo se patami, což v době, kdy boty byly luxusní záležitostí a podrážky pouze kožené, nebylo zrovna praktické. Tělesná námaha vynaložená k jízdě na drezíně byla tedy značná a neodpovídala ujeté vzdálenosti. I velmi vytrénovaný sportovec dokázal za hodinu ujet nanejvýš 10 km, navíc při stoupání se jezdec nemohl rovnat rychlostí ani chodci. [1, 8, 9]

Drezína se proto nikdy nedočkala velkého porozumění nebo nadšení a na rozdíl od pozdějších železnic tento způsob dopravy nikdy nenadchl širokou veřejnost. Draisova myšlenka byla ovšem natolik silná, že se dokázala uchovat do příznivějších dob. Pozdější i dnešní kola jsou toho důkazem.



Obr. 1 Exponát drezíny z muzea v Neckersulmu [15]

2.2 Velocipéd

Přes neustálá drobná vylepšování, zejména v Anglii a Americe, obliba drezín časem opadla. Ovšem myšlenka jízdy na jednostopém stroji nebyla určena k zániku. Jízda na drezíně totiž přinesla zkušenost, že k udržení stability není potřeba nohou. A tento fakt byl prvním krokem k využití dolních končetin k pohonu předního kola pomocí šlapacích klik. [1, 11]

Kolem roku 1816 se drezíny se šlapacími klikami objevily současně ve Francii a Německu. Nejvíce se tímto strojem proslavili výrobci kočárů z Paříže Pierre Michaux, který se synem Ernestem a tovaryšem Lallementem postavili kolo nazvané „velocipéde“. Michauxův velocipéd měl dřevěný rám a dřevěná kola s ocelovými obručemi, později byl doplněn dokonce i primitivní brzdou (Obr. 2). Michaux tak zahájil novou éru ve stavbě a využívání jízdních kol výrobou velocipédů značky Micheline. Velocipéd se stal poté velkou senzací na světové výstavě v Paříži roku 1867, kde ho konstruktér předváděl osobně. [1, 11]

Firma Michaux a Lallement byla první továrnou na světě, která se zabývala výrobou kol. Krátce poté zahájili výrobu kol také další výrobci v Anglii. Odtud pochází i hanlivý název tehdejšího jízdního kola Boneshaker („Kostitřas“) [1, 12]. Poptávka po velocipédech byla tak obrovská, že v Anglii dokonce vzniklo celé nové průmyslové odvětví zaměřené na výrobu jízdních kol. Vyráběly se velocipédy celokovové, rám byl z ocelových trubek a kola byla drátěná. Místo ocelových ráfků se zde poprvé začali užívat úzké gumové obruče, podobné jako mají dnešní kočárky. [1, 13]

Kolem roku 1875 byl anglický velocipéd považován za nejlepší na světě. Původní drezína měla obě kola stejně velká a ani u velocipédu nebylo původně přední kolo o mnoho větší než zadní. Tento fakt měl nevýhodu v tom, že nebylo možno na takovýchto strojích dosáhnout větších rychlostí. Klikami se muselo otáčet velmi rychle, protože na jedno otočení kliky se ujela dráha, která byla rovna obvodu kola. Při malém průměru předního kola to tedy bylo velmi málo. Průměr předního kola se postupně zvětšoval až na legendární vysoká kola, kterými bylo možno dosáhnout značných rychlostí. [1, 11]

Michauxův velocipéd byl skutečným mechanickým dopravním prostředkem a znamenal rázný krok kupředu. Svou rychlostí bez problému předstihl drezínu, o čemž vypovídá jeho vítězství v závodě na 1200 m v Saint-Cloudu u Paříže, který byl pořádán 31. 5. 1868 z iniciativy otce a syna Michauxových. [1, 11, 13]



Obr. 2 Michauxův velocipéd z roku 1868 [12]

2.3 Vysoké kolo

Postupem doby se ukázalo, že čím je přední kolo větší, tím delší dráhu velocipéd vykoná na jedno otočení kliky. Toto poznání vedlo k tomu, že se přední kolo postupně zvětšovalo a naopak zadní kolo se zmenšovalo, až velocipéd dostal charakteristický vzhled a název „vysoké kolo“ viz obr. 4. Tento fakt, tedy rozdílná velikost kol, měl za následek, že v Anglii se pro tento bicykl vžil název Penny-Farthing [1, 3, 14], který byl inspirován starými britskými mincemi různých velikostí (Obr. 3). U nás se vysokému kolu říkalo „Kohoutovka“, podle továrny Jana Kohouta, ve které se začaly poprvé vyrábět [1, 13]. Vysoké kolo bylo patentováno Jamesem Starleym a Williamem Hillmanem v roce 1870 v Anglii. Jejich stroj měl konstrukci z kovu a pryžovou obruč v ráfcích. [1, 3, 14]



Obr. 3 mince Penny a Farthing [14]

Konstrukce vysokého kola byla celá z kovu, neboť předchozí metalurgické procesy nebyly tak dokonalé, aby bylo možno vyrobit i malé díly s odpovídající pevností. Rám se skládal z jedné trubky, která kopírovala obvod předního kola a plynule přecházela do kola zadního. Pedály byly přimontovány přímo k přednímu kolu, které spolu se zadním kolem byly opatřeny plnými gumovými obručkami (bez vzduchu), což umožňovalo hladší a pohodlnější jízdu oproti předchozím strojům. Vysoká kola ve své době vážila okolo 40 liber (cca 18 kg), průměr předního kola se pohyboval mezi 48 a 52 palci (122 a 132 cm), zadní potom mívalo 18 palců (46 cm). [3, 14]

Nevýhoda těchto strojů byla patrná na první pohled a spočívala ve vysoké výšce těžiště. Díky tomu byl bicykl velmi náchylný k přepadávání dopředu při najetí do díry nebo jiné překážky. Ovšem největším nepřítelem tehdejšího cyklisty byli psi. Ti zuřivě doráželi na každého jezdce a často se jim podařilo rozhodit cyklistu tak, že skončil v příkopě. Kvůli tomu patřil k tehdejší výbavě i bič. Labilita kola pak znemožňovala použití účinných brzd a proto nastupování a sestupování z kola byl skutečný artistický výkon. I přes tyto nedostatky si vysoké kolo našlo ve své i dnešní době mnoho obdivovatelů. Dokonce se stále v současnosti pořádají závody na těchto strojích a asi nejznámějším závodníkem je potom Josef Zimovčák, který dokázal na vysokém kole zdolat všechny tři nejprestižnější etapové závody jak Tour de France, Giro d'Italia tak i Vuelto. [16]



Obr. 4 Vysoké kolo z roku 1888 [15]

2.4 Tricykl

Vedle vysokého kola, které mělo řadu nedostatků, a navíc na něm nemohl jezdit každý, existoval i tricykl (Obr. 5), kterému se říkalo Sociable („společenský“) [13]. Tricykl byla tříkolka s dvěma velkými koly vzadu a s jedním malým kolečkem vpředu nebo měl dvě kola za sebou a třetí po straně jako u motocyklu se sajdkárou. Mezi oběma velkými koly potom seděla dvojice cyklistů a šlapáním uváděla tříkolku do pohybu. Ve stavbě tříkolek byly nejrůznější kombinace, například každé kolo mohlo mít jiný průměr nebo převod mohl být na obě, popřípadě pouze na jedno zadní kolo. [2, 13]

I přesto že tricykl neznamenal žádný technický pokrok, protože jízda na dvoustopém stroji byla samozřejmě pomalejší než na jednostopém, měly tricykly velkou oblibu zejména u žen nosících sukně, pro které nepřipadala jízda na vysokém kole v úvahu.



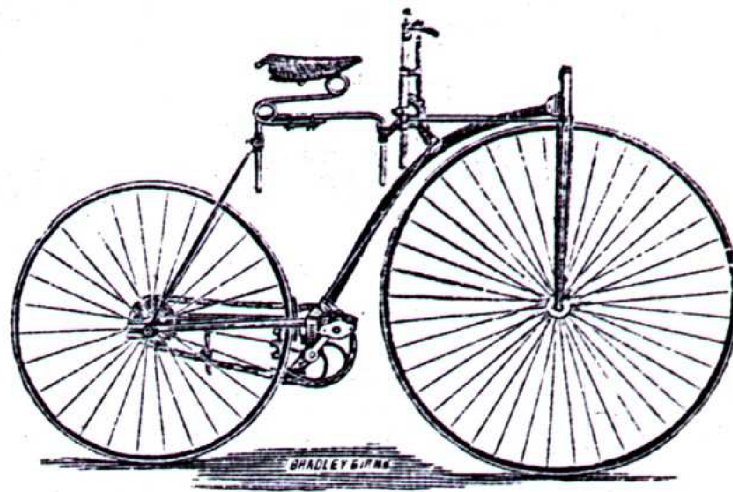
Obr. 5 Tricykl s předním postraním kolem [2]

2.5 Bezpečné kolo

V 90. letech 19. století se začaly objevovat v konstrukci jízdních kol převody. Převody byly hlavní příčinou zániku vysokých kol, i navzdory tomu, že se právě na vysokém kole poprvé vyzkoušely. Do prodloužených vidlic předního kola byly namontovány dva samostatné řetězové převody od pedálů umístěných pod osou předního kola. První stroj s touto konstrukcí se nazýval Kangaroo („Klokan“). [1, 16]

Průměr předního kola se tak mohl zmenšovat, protože s převodem se zvyšovala rychlost. Střed pedálů byl pod osou předního kola, jezdec tedy mohl sedět níže a bicykl se stal bezpečnějším. [1, 16]

Navzdory tomu, že převod v přední vidlici byl významným krokem kupředu, nemohl vysoké kolo zcela nahradit. Radikální změnou bylo umístění pedálů do středu rámu mezi dvě kola a přenos síly pomocí řetězu na zadní kolo. Takovýto bicykl poprvé zkonstruoval Angličan John Henry Lawson a nazval ho Safety bicycle („Bezpečné kolo“, Obr. 6). Přední kolo mělo větší průměr, zhruba 36 až 42 palců (91 až 107 cm), ale sedadlo bylo přemístěné na křížový rám asi do poloviny vzdálenosti mezi předním a zadním kolem. [1, 16]

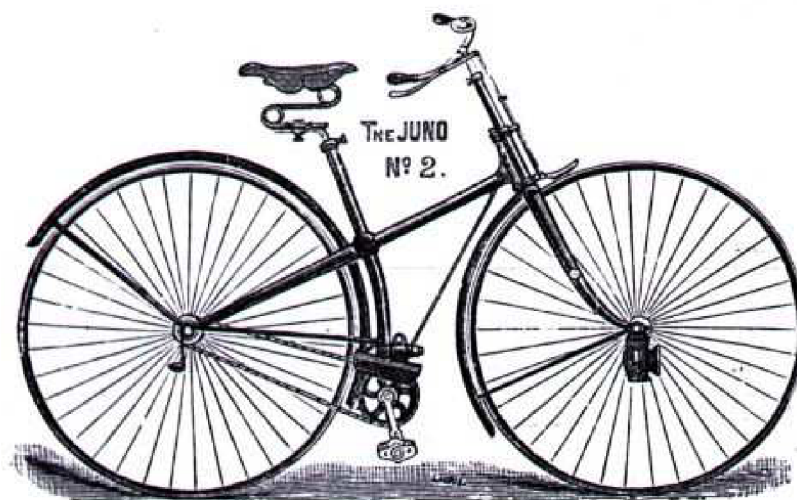


Obr. 6 Bezpečné kolo z roku 1892 [18]

2.6 Nízké kolo

Skutečné nízké kolo jak ho známe z dnešní doby postavili až Angličané William Sutton a John Starley v továrně Humber v roce 1885 [13]. Svůj stroj pojmenovali Safety rover („bezpečný tulák“). Hlavním přínosem byl rám konstruovaný z ocelových trubek, který si uchoval takřka nezměněný tvar až do dnešních časů (Obr. 7). Na úspěch nízkých bicyklů měl velký vliv i vynález pneumatik, které poprvé namontoval irský zvěrolékař John Boyd Dunlop na kolo svého syna. Paradoxní je že Dunlop se nikdy o cyklistiku nijak zvláště nezajímal a dokonce ani neuměl jezdit na kole. Všechno to sestrojil až pro svého syna. Teprve když se dozvěděl, jak jeho vynález pomohl ostatním cyklistům, kteří si neustále stěžovali na silné otřesy, nechal si své pneumatiky patentovat a začal je vyrábět ve firmě Dunlop Pneumatic Tyre. Pneumatiky byly ještě zdokonalené Woodovým patentem, díky němuž se zavedl nový typ ventilu, který se používá dodnes a Welchovým vynálezem vyměnitelného pláště. Na konci 19. století již bylo technické uspořádání kola přibližně stejné jako je dnes. [1, 17]

Velkým nedostatkem tehdejšího bicyklu byl fakt, že převod vedl na pevnou osu zadního kola, což mělo za následek otáčení kola a zároveň i pedálu. Na rovině tato skutečnost nevadila, ovšem ve sjezdech z kopce byl pevný náboj nevýhodný. Proto se na přední vidlici montovaly různé stupačky, kam si cyklista mohl po dobu sjezdu odložit nohy. Toto byla ovšem velmi nebezpečná akrobacie, když si uvědomíme, že tehdejší stroje neměly pořádně účinnou brzdu. Tento problém částečně vyřešilo použití volnoběžného náboje v roce 1904. [1, 17]



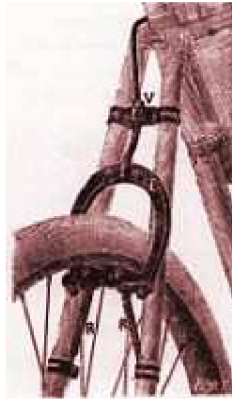
Obr. 7 Nízké jízdní kolo – typ Juno [18]

2.7 Drobné úpravy

2.7.1 Bowdenova brzda

Malá brzda, která byla umístěna na předním kole v podobě gumového špalíku nebyla při jízdě z kopce příliš účinná, a tak cyklistům nezbývalo nic jiného než brzdit tzv. „kontrováním“, což by se dalo přiblížit jako zadržování otáčení pedálů. [2, 13]

Od těchto nesnází pomohl počátkem 20. století až inženýr Frank Bowden vynálezem axiální brzdy (Obr. 8), která působila na ráfek předního i zadního kola. O něco později se v Americe a střední Evropě rozšířila tzv. brzda zpáteční, někdy také nazývaná protiřlapací, která brzdila přímo ve středu zadního kola zpětným šlapaním. [2, 13]



Obr. 8 Bowdenova brzda [19]

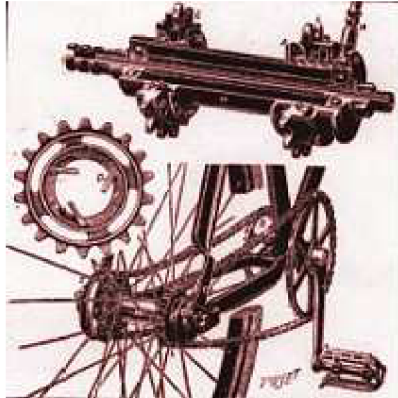
2.7.2 Plátěné blatníky

Do roku 1895 se kola vyráběla bez jakéhokoliv příslušenství, jen pár dražších bicyklů bylo vybaveno primitivní svítilnou. Zpočátku neměla kola ani blatníky, ty přibyly až koncem 19. století a nesly název „ochranný pás proti blátu.“ [2, 13]

2.7.3 Měnitelné převody

Jízda na kole byla požitekem pouze, pokud nefoukal silný protivítr nebo se nemuselo šlapat do prudkého kopce. Proto se konstruktéři snažili tyto nepříjemnosti odstranit nebo alespoň zmírnit za pomoci měnitelného převodu.

První měnitelné převody byly pouze dvourychlostní (Obr. 9), teprve v dalších letech se všestranně zlepšovaly až byl jejich počet rozšířen na tři nebo čtyři. Na přelomu 70. a 80. let se objevila horská kola, která využívala měnitelných převodů s výhodou až do dnes. [2, 13]



Obr. 9 Dvourychlostní převod se dvěma řetězy [19]

2.7.4 Zvláštní konstrukce jízdního kola

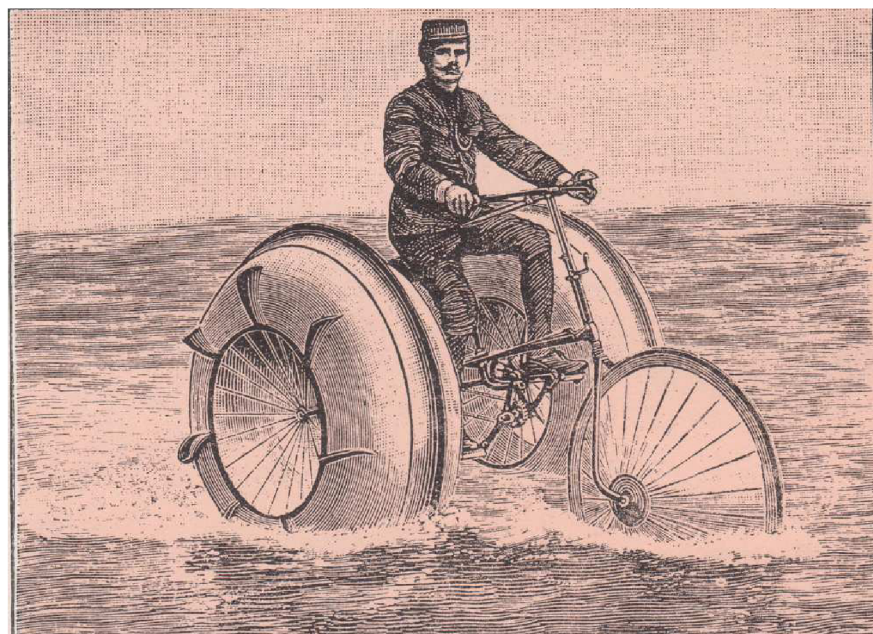
Možnost přizpůsobení bicyklu nejrůznějším účelům přiměla konstruktéry k postavení například kola na koleje a tím vznikla železniční drezína. Což byl velmi praktický a za jistých okolností nezbytný dopravní prostředek, který sloužil železničním zřízcům při obhlídkách tratí. Ačkoliv se železniční mechanické drezíny osvědčily, byly nahrazeny motorovými. [2]

Jisté naděje provázely také vznik vojenského skládacího kola, které pěšák nesl na zádech (Obr. 11) a v čas potřeby je rozložil, takže se mohl pohybovat z místa na místo. Vojenští odborníci tomuto vynálezu přikládali velký význam, ale zdá se, že bezdůvodně, protože ačkoliv byly ve všech evropských armádách vytvořeny zvláštní útvary pěchoty na skládacích kolech, nebylo o nich v první světové válce nic slyšet. [2]



Obr. 10 Vojenské skládací kolo [19]

Kolo opatřené plováky se nazývalo „hydrocykl“ (Obr 12) a kdysi bylo dosti rozšířeno, v nejrůznějších podobách. Základním znakem těchto strojů, které se objevily ve velkém počtu na začátku minulého století, byl způsob pohonu, jenž vycházel z pohybu šlapáním odvozeného ze „suchozemského“ bicyklu. [2]



Obr. 11 Vodní tricýkl [2]

3. Nové trendy v konstrukci a materiály používané pro rámy kol

3.1 Nové trendy v konstrukci

3.1 Odpružené vidlice

Důležitým konstrukčním prvkem, který napomohl k hromadnému rozšíření horských kol bylo použití odpružených předních vidlic. Odpružená vidlice (Obr. 12) je komponenta, která eliminuje terénní nerovnosti změnou výšky kola, resp. vzdálenosti řídítek od osy předního kola a tím usnadňuje jízdu v nerovném terénu. Nejdůležitějším parametrem je výška zdvihu, což je hodnota, o kterou se může vidlice stlačit. Na současných horských kolech začíná na 60 mm a končí na hodnotě okolo 300 mm. [5, 20]

Druhým velice důležitým parametrem je systém odpružení, existují vzduchové vidlice, systémy s olejovým tlumením nebo kombinace pružiny a elastomeru. [20]



Obr. 12 Odpružená přední vidlice s hustilkou [22]

Kombinace pružiny a elastomeru:

Tento způsob se používá u nejlevnějších typů vidlic. Elastomer je speciální typ pryže, který ve vidlici plní zpravidla funkci dorazového elementu. V některých výjimečných případech je použit i jako hlavní pružící prvek. Výhody tohoto systému jsou prakticky nulová údržba a nízké pořizovací náklady, které se pohybují mezi 2 až 5 tisíci Kč. [20, 21]

Značnou nevýhodou je však proměnlivá charakteristika pružení v závislosti na teplotě, protože elastomery tvrdnou při nízkých teplotách blížících se k nule. Tyto vidlice také neobsahují žádné tlumicí prvky a z tohoto důvodu je jejich zdvih většinou jen obtížně nastavitelný a při „utažení vidlice“ dochází k rychlejšímu vracení nohou zpět do vysunuté polohy, což se projevuje charakteristickým „kopáním“ vidlice. [20, 21]

Systémy s olejovým tlumením:

Jde o odpružení, které je v současné době nejpoužívanější. Vidlice mohou být jednak s tzv. otevřenou olejovou lázní, kdy je vidlice naplněna olejem a jednak obsahují uzavřené olejové patrony, díky kterým vidlice jednak pruží a jednak tlumí. U tohoto způsobu tlumení je většinou samozřejmostí všemožná regulace jak pružení, tak i tlumení. Jejich cena je poté závislá na použitém materiálu, výrobci a složitosti konstrukce a pohybuje se řádově od 5 do 30 tisíc Kč.

Velkou nevýhodou vidlic s tlumicí patronou je nutnost jejího promazávání, což ovšem u otevřené olejové lázně není nutné, neboť olej současně maže kluzné plochy. [20, 21]

Vzduchové vidlice:

Toto odpružení je zpravidla používáno za účelem dosažení co možná nejnižší hmotnosti a z tohoto důvodu je „těžký“ olej nahrazen vzduchem. Vnitřek těchto vidlic zpravidla obsahuje dvě vzduchové komory, u kterých se požadované charakteristiky odpružení docílí nastavením konkrétního tlaku v jednotlivých částech vidlice. Za tímto účelem je nutné použití speciální pumpičky (Obr. 12), za jejíž pomocí se přesně nahuštění provede. [20, 21]

Kromě výše uvedených způsobů odpružení existují samozřejmě i jejich nejrůznější kombinace. Velice rozšířené je například dofukování klasické olejové vidlice vzduchem, čímž se mění její charakter. Známý je také tzv. systém „Lockout“ kdy je na vidlici nebo na řídítkách umístěná páčka, jejímž pootočením lze vidlici zablokovat, aby se chovala jako pevná. [20]

3.2 Kotoučové brzdy

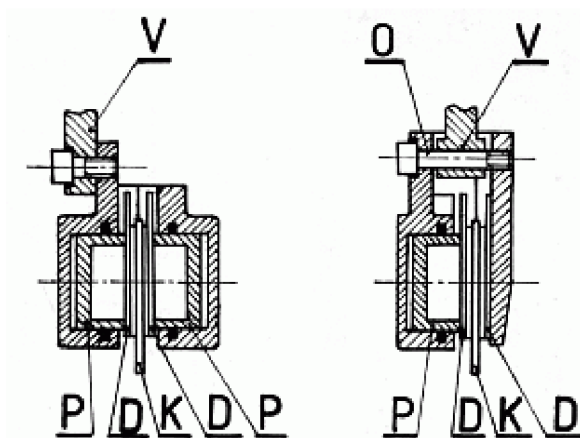
Kotoučové (diskové) brzdy jsou v dnešní době montovány na převážnou většinu jízdních kol. Levnější modely jsou osazovány diskovou brzdou, která se ovládá lankem. Tyto brzdy jsou méně účinné a těžší než hydraulické kotoučové brzdy (Obr. 13), které jsou i snadněji ovladatelné. [4]



Obr. 13 Hydraulická kotoučová brzda [24]

Hydraulický přenos je výhodný především proto, že umožňuje velmi citlivě dosáhnout velkého účinku brzdy i malou ovládací silou. Ve třmenu brzdy je souprava destiček, které se při brzdění přitlačují na brzdový kotouč a tím na něm vyvozují brzdny moment a tak i brzdnu sílu na obvodu kola. [4, 23]

Přitlačování destiček se děje jedním ze dvou způsobů. Třmen je buď připevněn k rameni vidlice (Obr. 14a) a má dva pístky P, působící na destičky D, nacházející se na obou stranách kotouče K. Ve druhém případě (Obr. 14b) je třmen vzhledem k rameni vidlice a ke kotouči posuvný (někdy se nazývá plovoucí) a má potom jen jeden pístek P, který působí na destičku D, s níž sousedí. Protilehlá destička se při brzdění přitlačí ke kotouči K rovněž. Její původní vůle se totiž vymezí posunutím os O v třmenu vzhledem k vidlici V. [23]



Obr. 14 a) Třmen připevněn dvěma písty, b) Plovoucí třmen s jedním pístem [23]

V praxi se využívají oba způsoby, i když mají své výhody i nevýhody. Plovoucí třmen má například menší rozměry a je většinou lehčí, ale při odbrzdění se při jeho použití vytváří mezi kotoučem a destičkami menší vůle, takže mívá větší odpor, který zůstává mezi třecími plochami. Občas dochází k tomu, že vzniká i mírný, ale mnohdy nepříjemný hluk. Pevný i plovoucí třmen mohou mít zdvojený počet pístů, což však není například u horských kol zapotřebí. [23]

Kotouče sportovních kol jsou většinou zhotoveny z korozivzdorné oceli. Vyrábějí se ale také z běžné oceli, jejíž povrch je opatřen tvrdým chrómem. Existují i jiná provedení, ale ta jsou buď technicky horší a levnější, nebo naopak lepší a dražší. V kotoučích bývají vytvořeny četné otvory, snižující jejich hmotnost. Tyto otvory však přinášejí další výhody, je-li kotouč mokrý, pak se do nich destičkami stírá voda. Brzda tak začne dříve brzdit, a pokud je povrch kotouče pokryt nečistotami, dostanou se rychleji z třecí plochy. Tím je účinek brzdy v tomto nepříznivém počasí větší. [23]

Důležitou kapitolou konstrukce kotoučových brzd je třecí materiál (obložení), jímž se stýká brzdová destička s kotoučem. Na jeho vlastnosti je kladena velká řada požadavků. Musí mít především dostatečně vysoký koeficient tření a to za každé situace - ať je kotouč mokrý nebo suchý, chladný či zahřátý dlouhým nebo opakovaným brzděním. Je rovněž žádoucí, aby se kotouč málo opotřebovával a odolával vysokým teplotám. Tyto a další požadavky splňují zejména kovokeramické třecí materiály, které se osvědčily zejména u motocyklů. [23]

3.3 Lehokola

Lehokolo, anglicky recumbent bike, nabízí vyšší komfort a lepší aerodynamiku oproti klasickému bicyklu. Většina komponentů jako například brzdy, přední vidlice, kola nebo páky brzd jsou stejná. Lehokolo se liší rámem a rozmístěním jednotlivých prvků. Jezdí se nohama napřed, vleže, což umožňuje použití pohodlné sedačky místo sedla, a navíc to přináší menší odpor vzduchu. Řídítka jsou obvykle umístěna pod sedadlem (někdy i nad) a řetěz bývá asi 2,5x delší, než u klasického kola. [26]

V prostornější Severní Americe je oblíbenější dlouhé lehokolo, s dlouhým rozvorem (Obr. 15). Úplně vepředu má přední kolo, následují pedály s talíři, pak sedačka s řídítky, a nakonec úplně vzadu opět kolo. [26]



Obr. 15 – Lehokolo s dlouhým rozvorem [26]

Oproti tomu v Evropě jsou rozšířenější stroje s krátkým rozvorem (Obr. 16). Vepředu nahoře jsou pedály, teprve za nimi je přední kolo, pak opět sedačka s řídítky, a nakonec kolo zadní. Díky velkému přednímu převisu se zatáčí o něco později než je obvyklé (podobně jako u autobusu). Krátké provedení je jen nepatrně delší než běžné jízdní kolo. [26]



Obr. 16 – Lehokolo s krátkým rozvorem [26]

Hlavní výhodou lehokola je odstranění některých negativních dopadů na zdraví cyklistiky. Jako je například bolest zad, protože hmotnost těla se pohodlně rozloží v ergonomické sedačce. Další výhodou je, že ruce visí volně dolů, tělo se o ně neopírá, čímž se ulevuje zápěstím. Samozřejmě by měly odpadnout i problémy plynoucí z úzkého sedla. Druhou podstatnou výhodou je lepší aerodynamika stroje, protože cyklista má o něco nižší posed, a při vodorovné poloze nohama lépe rozráží vzduch. Existují i velmi nízké modely, na kterých se leží těsně nad zemí mezi koly, ty ale nejsou do běžného provozu, tím méně na cestování, příliš vhodné. [25, 26]

Mezi nevýhody patří o něco horší obratnost, která vychází z většího poloměru otáčení a nemožnosti nadlehčit přední ani zadní kolo při nájezdu na překážku. A v neposlední řadě je lehokolo slabší ve stoupání a v terénu, protože se jezdec nemůže postavit do pedálů a využít své váhy. [26]

3.2 Materiály používané pro rámy jízdních kol

3.2.1 Volba materiálu

Správná funkce každé strojní součásti (tedy i rámu bicyklu) a tím i celého stroje (jízdního kola) je do velké míry ovlivněna vhodným výběrem materiálu. Při výběru materiálu musí konstruktér uvažovat více faktorů, mezi něž patří pevnostní požadavky, životnost, ekonomika a v neposlední řadě také vzhled finálního výrobku. U většiny technických aplikací volba materiálu nezávisí pouze na jedné vlastnosti, ale převážně je určena jejich kombinací. Nejdůležitějším úkolem je tedy skloubení materiálových charakteristik s požadovanými finálními vlastnostmi budoucího výrobku. Špatná volba materiálů je pak často jednou z hlavních příčin porušení strojní součásti. S výběrem materiálu také neodmyslitelně souvisí i způsob jeho zpracování. Špatně navržená technologie může zcela znehodnotit správnost volby použitého materiálu.

Nejdůležitější kritéria ovlivňující volbu materiálu jsou:

Konstrukční integrita:

Předtím než se strojní součást uvede do provozu, je nutné prokázat, že materiály použité při konstrukci součásti byly zvoleny jako adekvátní a že konstrukce bude mít takové vlastnosti, jaké od ní byly na začátku požadovány. Její komponenty musí být například dostatečně pevné, aby mohly přenášet zatížení, kterému bude součást vystavena. Musí také umožňovat různé kvalitativní zkoušky požadované konečným uživatelem jako např.: celistvost, tažnost, houževnatost nebo pevnost. [5]

Životnost:

Na výběr materiálu má často největší vliv požadovaná životnost. Jen málokdy vyrábíme a navrhujeme konstrukci, která má neomezenou životnost. Konstruktér musí tedy vybrat takový materiál, který bude splňovat celé spektrum zatížení nejen v čase uvedení do provozu, ale také těsně před koncem projektované životnosti. Zde musíme uvážit zejména degradační procesy, které mohou v materiálu probíhat po čas trvání provozu součásti. [5]

Proces spojování:

Už při výběru materiálu musí konstruktér zvážit také jeho vhodnost pro technologii výroby. K tomu patří velmi často svařování, jehož zvláštností je, že degraduje vlastnosti základního materiálu v oblasti svarového spoje dvojnásobem. Jsou to jednak strukturní změny v místě svaru a také složení svarového kovu v místě spoje. Tyto strukturní změny většinou nepříznivě ovlivňují tažnost a houževnatost materiálu, takže mohou podmiňovat výběr vhodného materiálu i z tohoto hlediska. K tomuto riziku patří také vznik různých necelistvostí, zejména trhlin, neprůvarů nebo částic zavařených strusky, ale také geometrických koncentrátorů napětí, jakými jsou ostré přechody do svarového spoje, které mohou podmiňovat jeho použitelnost pro danou konstrukci. [5]

Ekonomika:

Řídícím kritériem při volbě materiálu je také jeho cena a dostupnost. Do ceny musíme započítat nejen hodnotu vlastního materiálu, ale také cenu ostatních nákladů souvisejících s jeho zpracováním až do formy hotového výrobku. Jsou však případy, kdy cena materiálu není až tak rozhodující. Jde zejména o konstrukce, u nichž je cena výrobku splacena několikahodinovým provozem. V takovýchto případech se klade velký důraz na spolehlivost a bezpečnost součásti protože případná porucha by způsobila ztráty několikanásobně vyšší než je cena materiálu.

3.2.2 Ocel

Ocel je nejtradičnějším materiálem na výrobu cyklistických rámu. Provázela konstrukci bicyklů již od vysokých kol a vydržela dodnes. Vděčí za to zejména moderním metalurgickým postupům, které posouvají vlastnosti oceli na úroveň, která byla donedávna nepředstavitelná a také práce s ocelí je poměrně jednoduchá. [4, 27]

Ještě přibližně před 20 lety byl na světě nejběžnější způsob konstrukce spojování rámu pomocí tzv. „mufen“ - nátrubků (anglicky lugs, Obr. 14). Což jsou přesně vytvarované spoje, do kterých se trubky zasunovaly a následně se vyplnily stříbrem nebo bronzem, díky čemuž byly pevně ukotvené. Případná oprava takto vyrobeného rámu byla poměrně jednoduchá. Stačilo spoj nahřát a vytáhnout trubku. Spojování za pomoci nátrubků se využívalo zejména kvůli dřívější nedokonalosti technologie svařování. Velké teplo totiž značně oslabovalo materiál trubek, tento nedostatek byl odstraněn nástupem moderních technologií svařování (např. metoda TIG – svařování v ochranné atmosféře) a proto tato metoda spojování trubek rámu kola prakticky zanikla. [27]



Obr. 17 - Spojovací nátrubky [27]

Levnější cyklistické rámy se dnes vyrábí z konstrukční oceli 11 523, což je ocel označována také někdy jako Hi-Ten ocel. Bohužel nízká cena znamená, že trubky jsou velmi robustní, což nevypadá příliš dobře a zároveň nenabízí takový jízdní komfort. Další nevýhodou také je, že tyto rámy nemají navařené úchyty na řazení a další komponenty. Navzdory těmto nedostatkům,

si tyto rámy drží poměrně velmi solidní mechanické vlastnosti a proto je pravděpodobné, že jen tak rychle nevymizí. [4, 27]

Kvalitnější ocelové rámy jsou převážně vyráběny z oceli 25CrMo4, což je ocel která má přibližně toto chemické složení: 0,80 až 1,10% Cr, 0,15 až 0,25% Mo, 0,28 až 0,33% C, 0,4 až 0,6% Mn, 0,035% P, 0,04% S a 0,15 až 0,35% Si. Rámy z této oceli velmi dobře odolávají velkým mechanickým napětím jak v tahu, tak i v tlaku a nejsou náchylné k lomu, mez kluzu se pohybuje přibližně okolo 600 MPa. Poměrně větší hmotnost trubek se podchycuje různými konstrukčními úpravami. Rámy se nejčastěji spojují pomocí pájení. Nejznámějšími výrobci jsou Columbus, Mannesmann nebo Reynolds. [4, 27]

3.2.3 Hliník

Druhou nejlevnější variantou jsou hliníkové rámy. Název hliníkové, podobně jako duralové, rámy je velice zavádějící. Hliník, který je měkký, se totiž ve své čisté podobě prakticky nepoužívá a označení dural náleží první letecké slitině hliníku (celým názvem duraluminium), která dnes patří spíše do leteckého muzea. [4, 27]

Rámy bicyklů se tedy vyrábějí ze slitin hliníku, které mají velmi široké spektrum variací. Od velmi dobře svařitelných až po takřka nesvařitelné, od tvrdých až po velmi měkké a od málo pevných až po superpevné používané v leteckém průmyslu. Všechny tyto slitiny mají společnou nízkou hmotnost a poměrně velice vysokou tuhost. [4, 27]

S hliníkovými rámy přišla v 80. letech minulého století poprvé firma Cannondale a impulsem byla ekonomická dostupnost svařování metodou TIG, která se do té doby používala jen v leteckém a kosmickém průmyslu. Nástup hliníkových slitin umožnil velkou změnu designu rámu, poprvé se např. uplatnilo ztenčování trubek a díky menší měrné hmotnosti hliníku, došlo také k podstatnému snížení hmotnosti rámu. [27]

Hliníkových slitin je velké množství, ale v cyklistickém průmyslu se nejčastěji uplatňují ty s označením 6061 a 7075. U většiny hliníkových slitin se za značkou vyskytuje přípona T0 až T6, která vyjadřuje vzestupně stupeň jejich tepelného vytvrzení (Tab. 1). Rám se po svaření oslabí v okolí svaru na úroveň T0. Tato ztracená pevnost se dá vrátit pomocí tepelného zpracování, kdy se rám zahřeje na velmi vysokou teplotu, následně se prudce ochladí v kapalném médiu a poté se zhruba 12 až 24 hodin vytvrzuje při teplotě okolo 200 až 300°C. [27]

Tab. 1 – Popis tepelného vytvrzení slitin hliníku [28]

přípona	popis tepelného vytvrzení
T1	Ochlazení za zvýšené teploty, tváření a přirozené stárnutí.
T2	Ochlazení za zvýšené teploty, tváření za studena a přirozené stárnutí.
T3	Rozpouštěcí žíhání, tváření za studena a přirozené stárnutí.
T4	Rozpouštěcí žíhání, přirozené stárnutí.
T5	Ochlazení za zvýšené teploty, tváření a umělé stárnutí
T6	Rozpouštěcí žíhání, umělé stárnutí.

6061-T6:

Tato velmi dobře svařitelná slitina hliníku si našla své uplatnění hlavně pro své dobré materiálové vlastnosti. Dá se velmi dobře obrábět a i pro svou poměrně nízkou cenu představuje pro cyklistu dobrý základ. Její mez kluzu se pohybuje okolo hodnoty 250 MPa a profilováním se dá dosáhnout velmi pevný lehký a tuhý rám. [27]

7075-T6:

Tato slitina je často označována jako „aircraft alloy“ neboli letecký hliník a skutečně byla původně vyvinuta pro letecký průmysl. Výrobky z tohoto materiálu se často vyskytují v horolezecké výbavě, kdy se z něj zhotovují karabiny. Tato slitina dosahuje velké pevnosti, okolo 450 MPa a své uplatnění nachází zejména na vahadlech celoodpružených rámců, klikách, představecích a jiných vysoce namáhaných součástech. Na celou konstrukci rámu se zpravidla nepoužívá z důvodu vysoké ceny. [27]

3.2.4 Titan

Stejně jako hliník, ani titan se nepoužívá ve své čisté podobě, ale ve formě slitin, které mají lepší vlastnosti. Titan je pravděpodobně nejluxusnějším materiálem pro výrobu rámců bicyklů. S pevností okolo 1000 MPa zaručuje nezničitelnou a v mnoha případech i celoživotní koupi a svařuje se téměř výhradně metodou TIG. [27]

Nejpoužívanější slitinou titanu je Ti3Al12,5V, kde se kromě titanu vyskytuje ještě hliník a vanad. Největší výhody rámců ze slitin titanu jsou nízká hmotnost, vysoká pevnost a odolnost

vůči korozi. Tyto klady jsou ovšem zaplacený vysokou cenou a z tohoto důvodu se rámy ze slitin titanu nikdy pořádně neuplatnily. [27]

3.2.5 Karbon

Karbon je kompozitní materiál, který představuje sen každého konstruktéra, protože nabízí téměř neomezené možnosti při tvarování rámu a disponuje vynikajícími mechanickými i užitnými vlastnostmi. Tyto výhody sebou přináší určitou technologickou náročnost zpracování celého procesu a následně i vyšší cenu. Díky své nízké hmotnosti se karbonové rámy uplatnily nejdříve v oblasti silničních kol. [27]

Spojení karbonových rámu se v případě kombinace karbon-kov realizuje pomocí nátrubků, ale to v čem je jedinečnost tohoto kompozitu jsou skořepinové konstrukce. Kdy celý rám představuje jediný kus (Obr. 18) a kovové součástky jako například čepy brzd nebo závity středového složení se na rám vlepují. [27]

Hlavní výhodou karbonových rámu je úžasný poměr váhy a pevnosti, přičemž hodnoty pevnosti se pohybují v rozmezí 2000 až 7000 MPa. Jejich nevýhoda spočívá ve větší náchylnosti k poškození při pádu nebo odřeniny od odskakujících kamínků. Proto se například ve sjezdové cyklistice karbonové rámy příliš neuplatňují. Tato slabina se dá odstranit použitím skleněných vláken. [27]



Obr. 18 – Skořepinový karbonový rám [30]

3.2.6 Hořčík

Hořčíkové rámy zažili největší rozmach na počátku tohoto tisíciletí. Jejich hlavní výhodou je zajímavý poměr váhy a pevnosti, díky nízké měrné hmotnosti hořčíku (Tab. 2). Dalším plusem je jejich pevnost v poměru k tuhosti rámu. Hořčík umožňuje použít trubky s větším průměrem a silnější stěnou v porovnání s ostatními materiály (Tab. 3). Tím se výrazně zlepšují pevnostní vlastnosti rámu. [27,29]

Tab. 2 – Tabulka relativních hmotností kovů [5]

Materiál	Měrná hmotnost (kg·m⁻³)
Hořčík Mg	1740
Hliník Al	2700
Titan	4507
Ocel CrMo	7860

Tab. 3 – Porovnání průměru trubky a tloušťky stěny [29]

Materiál	Průměr trubky (mm)	Tloušťka stěny (mm)
Hořčík Mg	60	2,5
Hliník Al	50	1,95
Titan	40	1,5
Ocel CrMo	34	1

Mezi nevýhody hořčíkových slitin patří obtížná svařitelnost a především koroze při styku s některými kovy, což je bohužel u rámu bicyklu velmi častý jev. U nás jsou hořčíkové rámy známy především díky modelové řadě firmy Merida.[27,29]

4. Závěr

Tato práce měla za úkol zmapovat historický vývoj jízdního kola, zejména co se týče konstrukce a použitého materiálu na výrobu rámu. Volba materiálu pro rámy byla v začátcích cyklistiky do velké míry ovlivněna nedokonalostí technologických způsobů při zpracování kovu. Z tohoto důvodu byly první bicykly vyráběny ze dřeva a až s postupným zdokonalováním metalurgických procesů mohla být celá konstrukce zhotovena z kovu. Dnešní kola jsou opatřena rámy většinou z materiálů, jako jsou chróm-molybdenová ocel, slitiny hliníku nebo karbon, méně často pak z hořčíku nebo slitin titanu. Nelze jednoznačně říct, který materiál z tohoto výčtu je nejlepší a který naopak nejhorší, protože každý má své klady i zápory.

Mohlo by se zdát, že ocelové rámy jsou již minulostí, ale díky moderním metodám svařování, jako je metoda TIG, se uplatňují i u dnešních typů kol. Jejich výhodami jsou výborné mechanické vlastnosti v tahu i tlaku. Nevýhodou je vysoká měrná hmotnost, což sebou přináší větší průměry používaných trubek. Naopak hliníkové slitiny se vyznačují nízkou měrnou hmotností a poměrně velkou tuhostí, převážně jde o slitiny, které byly původně určeny pro letecký průmysl. Karbon potom představuje budoucnost ve výrobě jízdních kol, protože nabízí vynikající mechanické vlastnosti a neomezené možnosti při tvarování rámu. Jeho nevýhodou je jen zvýšená technologická náročnost při výrobě a s tím i spojená vyšší cena těchto bicyklů. Hořčík ani titanové slitiny se na dnešních kolech příliš neuplatňují. Jejich velkými nevýhodami jsou u hořčíku koroze a u titanových slitin to jsou vysoké pořizovací náklady.

Co se týče konstrukce, veliký krok kupředu znamenalo použití měnitelných převodů, díky nimž se cyklistika stala dostupnější i pro méně fyzicky zdatné jezdce. Z poslední doby stojí za zmínku odpružení přední vidlice, které eliminují nerovnosti terénu a staly se proto nezbytnou výbavou horských kol. A také hydraulické kotoučové brzdy, které mají velkou výhodu v maximální účinnosti za každého počasí.

Seznam použitých zdrojů

- [1] BOHÁČ, Jaroslav; KAREIS, Bedřich. *Jízdní kolo*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1989. 157 s. ISBN 80-03-00070-X
- [2] LHOTÁK, Kamil. *Kolo motocykl automobil*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1955. 207 s.
- [3] HRUBÍŠEK, Ivo; PAPOUŠEK, Miroslav. *Historická jízdní kola: Přehled vývoje do konce 19. Století*. Olomouc: Krajské vlastivědné muzeum, 44 s.
- [4] MILSON, Fred. *Bike manuál: vše, co potřebujete vědět o svém kole*. 1.vyd. Praha: GRADA, 2008. 185 s. ISBN 978-80-247-2214-6
- [5] Hrivňák Ivan. *Úžitkové vlastnosti a vol'ba materiálu*. 1.vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1999. 186 s. ISBN 80-227-1162-4
- [6] *Vývoj kola:: Velocipedy Telč* [online]. 2007. Dostupné z WWW: <<http://www.velocipedy-telc.cz/vyvoj/>>
- [7] *Historie cyklistiky* [online]. 2007. Dostupné z WWW: <http://www.bikros.cz/Bikros_cj/view.php?cisloclanku=2006042101>
- [8] *Vše okolo kol* [online]. 2005. Dostupné z WWW: <<http://www.okolokol.wz.cz/his/index.php>>
- [9] *Čachrov.cz Muzeum železničních dresin* [online]. 2006. Dostupné z WWW: <http://muzeum-dresin.cachrov.cz/index.html?page=museum_drais>
- [10] *Deutsches Zweirad- und NSU-Museum* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <http://de.wikipedia.org/wiki/Deutsches_Zweirad-_und_NSU-Museum>
- [11] *Olomoučtí kolaři – Drátěný osel č.1/2003* [online]. 2003. Dostupné z WWW: <http://kolari.olomouc.com/Osel/osel1_2003.html>
- [12] *Boneshaker – Wikipedie, the free encyklopedia* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Boneshaker>>
- [13] *Na kole dětem 2010 – HIG BIC – Josef Zimovčák* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://www.higbic.cz/historie.html>>
- [14] *Penny – farthing – Wikipedie, the free encyklopedia* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Penny-farthing>>
- [15] *Moravia Velociped – historie – vysoká kola* [online]. 2006. Dostupné z WWW: <<http://www.velociped.cz/sekce/9-vysoka-kola>>
- [16] *Bike Club – História bikov* [online]. 2009. Dostupné z WWW: <<http://bclub.windsports.sk/index1.php?action=bikehistory>>

- [17] *Safety bicycle* – *Wikipedie, the free encyclopedia* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Safety_bicycle>
- [18] *Moravia Velociped – historie – nízká kola* [online]. 2006. Dostupné z WWW: <<http://www.velociped.cz/sekce/8-nizka-kola>>
- [19] *Jízdní kolo*. [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://www.quido.cz/objevy/kolo.htm>>
- [20] *At' vás odpružení správně vzpruží!* – *iDnes.cz* [online]. 2005. Dostupné z WWW: <http://cestovani.idnes.cz/at-vas-odpruzeni-spravne-vzpruzi-dl6/ig_kolo.asp?c=A040629_182815_ig_kolo_tom>
- [21] *Bajk.cz – Odpružená vidlice???* [online]. 2002. Dostupné z WWW: <http://www.bajk.cz/data/clanek.asp?id_clanek=82>
- [22] *7ART: odpružené vidlice pro horská mtb kola* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://www.7art.cz/inpage/vidlice/>>
- [23] *Lekce 3: Brzdy* [online]. 2004. Dostupné z WWW: <<http://ambike.com/view.php?cislocclanku=2004111711>>
- [24] *Hydraulické vs. mechanické kotoučové brzdy – Komponenty – Diskuse – Bike-Forum.Cz* [online]. 2009. Dostupné z WWW: <<http://www.bike-forum.cz/forum/hydraulicke-vs-mechanicke-kotoucove-brzdy.html>>
- [25] *Užitečné informace / lehokola / samohyby – pohyb vlastní silou* [online]. 2009. Dostupné z WWW: <<http://www.samohyby.cz/samohyby/4-UZITECNE-INFORMACE/11 LEHOKOLA>>
- [26] *Martin Adámek – Jak jsem zkoušel lehokolo* [online]. 2006. Dostupné z WWW: <<http://www.adamek.cz/texty/lehokolo.htm>>
- [27] *Ocel', hliník, karbón, kartón...čo vybrat'?* – *Bikemagazin.sk* [online]. 2008. Dostupné z WWW: <<http://www.bikemagazin.sk/clanok/items/Ocel-hlinik-karbon-karton...-co-vybrat.html>>
- [28] *Aluminium alloy* – *Wikipedie, the free encyclopedia* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium_alloy>
- [29] *ŠTĚRBA KOLA:: Hořčík od Meridy – srovnání parametru materiálů – Články* [online]. 2008. Dostupné z WWW: <<http://www.sterba-kola.cz/item/horcik-od-meridy-srovnani-parametru-materialu>>
- [30] *Duratec absolutně bez duralu / BikeNet.cz* [online]. 2008. Dostupné z WWW: <<http://www.bikenet.cz/duratec-absolutne-bez-duralu>>