



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Jan Štefl

KONCEPT DESIGNU AUTOMOBILOVÉHO KOLA

Diplomová práce

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K614 Ústav aplikované informatiky v dopravě

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan Štefl

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – IS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Koncept designu automobilového kola**

Název tématu (anglicky): The car wheel design concept

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Prostudujte příslušnou literaturu zaměřenou na design automobilových kol v souvislosti s designem osobních automobilů.
- Shromážděte a prostudujte relevantní podklady a zdroje pro řešení automobilových kol s ohledem na jejich směřování do budoucnosti a případné možnosti propojení s moderními informačními technologiemi.
- Stanovte a upřesněte typ navrhovaného kola a rámcové estetické parametry designu pro jeho vzhled.
- Určete zásady technických požadavků návrhu, zvolte materiály a popište technologii výroby.
- Navrhněte varianty řešení, vyhodnoťte je a porovnejte, a zvolte definitivní koncept návrhu.
- Vypracujte návrh vlastního řešení designu automobilového kola s příslušnou dokumentací, které spojí estetický záměr s technickými požadavky.



Rozsah grafických prací: dle charakteru diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Byars, M.: Design encyclopedia München
Fiell, P. a CH.: Designing 21st Century
Lamarová, M.: Průmyslový design
Lidwell, W., Holden, W., aj. Butler: Universal Principles of Design

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jana Kaliková, Ph.D.
doc. Ing. arch. Eva Fantová, CSc.

Datum zadání diplomové práce: **27. června 2017**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

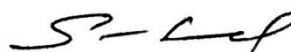
Datum odevzdání diplomové práce: **29. května 2018**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Vít Fábera, Ph.D.
vedoucí

Ústavu aplikované informatiky v dopravě



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Jan Štefl
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 27. června 2017

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60. Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne :

Podpis:.....

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní

Koncept designu automobilového kola

Diplomová práce
Květen 2018

Úplná bibliografická identifikace

Název práce: Koncept designu automobilového kola

Autor: Jan Štefl

Obor: Inteligentní dopravní systémy

Druh práce: Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Jana Kaliková, Ph.D.

doc. Ing. arch. Eva Fantová, CSc.

Ústav aplikované informatiky v dopravě K614

ČVUT v Praze, Fakulta dopravní

Poděkování

Děkuji všem, kteří mi byli nápomocní při vypracování této diplomové práce. Paní doc. Ing. arch. Evě Fantové, CSc. a paní Ing. Janě Kalikové Ph.D., kterým děkuji za odborné vedení a cenné rady. Dále bych rád poděkoval mým blízkým, kteří mi byli oporou.

Abstrakt

Hlavním předmětem této diplomové práce je ideový koncept automobilového kola. První část se zabývá popisem kola jako takového, jeho historií a vývojem. Další část se věnuje druhům automobilových kol a jejich výrobě. Náplní poslední části je analýza designu automobilových kol a vlastní návrh automobilového kola, který představuje ideový koncept, jak by mohlo kolo vypadat. Grafické vizualizace návrhu byly vytvořeny pomocí programu Solidworks. Hlavním přínosem této práce je vypracovaný 3D model.

Klíčová slova

Automobilové kolo, automobil, 3D modelování, doprava, koncept, návrh, design

Abstract

The major objective of this master's thesis is an ideological concept of a car wheel. The first part is focused on the description of the wheel itself, its history and evolution. Next part is about types of car wheels and about their manufacturing processes. The aim of the last part of this master's thesis is to analyze wheel design and to design my own wheel. The project is an ideological concept, which shows the possible look of the car wheel. Graphical visualizations were made with Solidworks. The main benefit of this thesis is a 3D model of the wheel.

Key words

Car wheel, car rim, rim, car, 3D modeling, concept, project, design

Obsah

1 Úvod	1
2 Popis částí kola a jeho značení	2
2.1 Disk	2
2.2 Ráfek.....	2
2.2.1 <i>Parametry ráfku</i>	2
2.2.1.1 Patka ráfku	3
2.2.1.2 Šířka ráfku	3
2.2.1.3 Průměr ráfku.....	3
2.2.1.4 Hump ráfku.....	3
2.2.1.5 Počet šroubových děr	4
2.2.1.6 Průměr roztečné kružnice	4
2.2.1.7 Průměr středového otvoru.....	5
2.2.1.8 Zális.....	5
2.2.2 <i>Druhy ráfků [3]</i>	5
2.2.2.1 Jednodílné ráfky	5
2.2.2.1.1 Prohloubené ráfky	5
2.2.2.1.2 Prohloubené ráfky se šikmou dosedací plochou	6
2.2.2.2 Dělené ráfky	6
2.3 Značení kola.....	7
3 Historie a vývoj automobilových kol	8
3.1 Vynález kola	8
3.2 Vývoj automobilových kol	10
3.2.1 <i>Chronologický vývoj kol osobních automobilů</i>	19
3.2.2 <i>Současný stav</i>	21
3.2.3 <i>Výhled to budoucnosti</i>	21
3.2.4 <i>Propojení s informačními technologiemi</i>	21
4 Druhy automobilových kol	22
4.1 Drátěná	22
4.2 Ocelová	22
4.3 Kola TRILEX.....	23
4.4 Kola z lehkých slitin	24
4.4.1 <i>Hliníková</i>	24
4.4.1.1 Výhody	24
4.4.1.2 Nevýhody	24
4.4.1.3 Litá kola ze slitin hliníku	24
4.4.1.4 Kovaná hliníková kola	25
4.4.1.4.1 Monobloková kovaná kola	25
4.4.1.4.1.1 Postup výroby monoblokového kovaného kola [57]	25
4.4.1.4.2 Dvoudílná kovaná kola	30
4.4.1.4.3 Trojdílná kovaná kola	30

4.4.1.5 Kola vyrobená technologií flow forming	31
4.4.2 Magnéziová	32
5 Materiály pro výrobu litých kol z hliníkových slitin	34
5.1.1 Hliník	34
5.1.2 Al slitiny pro výrobu litých kol	34
5.1.3 Další slitinové prvky	34
5.1.3.1 Ovlivňování struktury	35
5.1.3.1.1 Očkování	35
5.1.3.1.2 Modifikace	35
5.1.3.2 Vlastnosti Al slitin	35
6 Výroba litých Al kol	37
6.1 Proces slévárny	37
6.1.1 Vstupní materiál	37
6.1.2 Tavení	37
6.1.3 Odplynění	38
6.1.4 Rafinace	38
6.1.5 Transport taveniny	38
6.1.6 Dolévání taveniny do udržovacích pecí licích strojů	38
6.1.7 Odlévání kol	38
6.1.8 Rentgen	40
6.1.9 Odstranění vtoku	40
6.1.10 Žihání	40
6.1.11 Převoz kol na obrobnu	40
6.2 Proces obrobny	40
6.2.1 Obráběcí centrum	40
6.2.2 Odjehlení	41
6.2.3 Myčka	41
6.2.4 Kontrola těsnosti	41
6.2.5 Tryskací stroj	41
6.2.6 Převoz kol na lakovnu	41
6.3 Proces lakovny	41
6.3.1 Navěšování	41
6.3.2 Chemická předúprava	41
6.3.3 Zakrytí šroubových otvorů	41
6.3.4 Aplikace práškového základu	42
6.3.5 Aplikace barvy	42
6.3.6 Aplikace transparentního laku	42
7 Vliv designu kola na vzhled automobilu	43
7.1 Vybrané příklady	43
7.1.1 Škoda Citigo 5D	45
7.1.2 Škoda Octavia Combi RS	48
7.1.3 Škoda Kodiaq	51

8 Návrh	54
8.1 Skici.....	54
8.1.1 Prvotní skici.....	55
8.1.2 Vybrané skici.....	57
8.1.3 Finální návrhy.....	58
8.2 Definitivní návrh konceptu kola	62
8.3 Detaily ráfku	62
8.4 Parametry kola	63
8.5 Průvodní popis návrhu.....	64
8.6 Postup modelování.....	65
8.7 Grafické vizualizace.....	66
9 Závěr	68
10 Seznam použitých zdrojů	69
11 Seznam obrázků	76
12 Seznam tabulek	79

Seznam použitých zkratk

- SUV – Sport Utility Vehicle
(Sportovní užitkové vozidlo)
- PCD – Pitch Circle Diameter
(Průměr roztečné kružnice)
- CB – Centre Bore
(Průměr středového otvoru)
- ET – Einpresstiefe
(Zális)
- TPMS – Tyre Pressure Monitoring Systém
(Systém měření tlaku v pneumatikách)
- ABS – Anti-lock Brake Systém
(Protiblokovací systém)
- ESP – Electronic Stability Program
(Elektronický stabilizační program)
- CNC – Computer Numeric Control
(Číslicově řízené obrábění)

1 Úvod

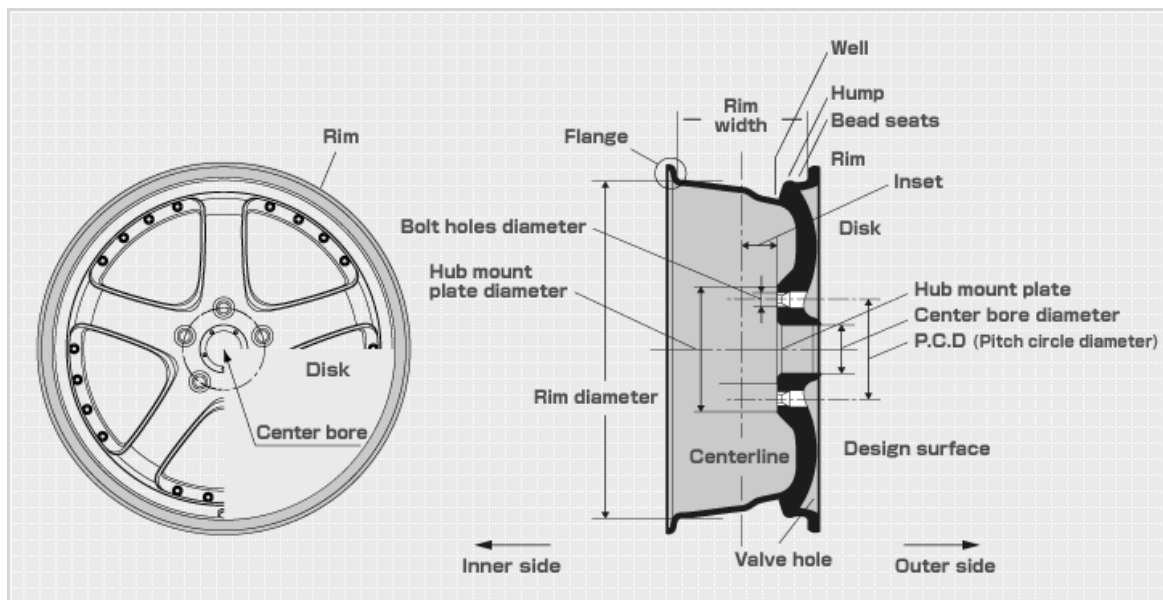
Kolo je základní součástí automobilu, která se otáčí na hřídeli kolem svého středu a umožňuje pohyb automobilu po komunikaci. Má tedy ryze praktickou funkci, kterou musí plnit bez ohledu na jeho formu. V poslední době se však kolům přikládá velký význam i z estetického hlediska. Mnohdy se jedná o designově propracované kousky a hrají velmi důležitou roli v celkovém vzhledu automobilu. Zároveň jsou obrovskou výzvou pro designéry, protože ti jsou do jisté míry značně svazováni tvarem kola samotného. V této diplomové práci se zabývám návrhem konceptu automobilového kola a vytvořením jeho 3D modelu.

V první teoretické části se věnuji popisu automobilového kola jako takového, jeho historii a vývoji. Prozkoumávám současný stav, popisuji technologické postupy výroby kol a zamýšlím se nad výhledem do budoucnosti. V analytické části pomocí skic analyzuji vliv designu kola na celkový design automobilu. V poslední návrhové části se věnuji samotnému návrhu tak, aby vyhovoval veškerým požadavkům a zároveň byl funkční a zajímavý z designového hlediska. K dosažení finálního konceptu návrhu kola postupuji touto metodou. Na třech rozdílných typech automobilů stejné značky zkoumám vliv použití různých druhů kol na celkový design jednotlivých automobilů. Ze získaných poznatků poté přistupuji k vlastnímu konceptu kola.

To, jakým dojmem na nás věci působí, do značné míry mohou ovlivnit i ty nejmenší detaily. Použití nevhodného kola má velmi negativní dopad na celkový vzhled automobilu. Mým cílem je, aby mnou navrhnuté kolo působilo designově čistým a nadčasovým dojmem.

2 Popis částí kola a jeho značení

Kola jsou nezbytnou součástí automobilu. Prostřednictvím šroubů jsou pevně spojena s hlavami kol na nápravách a spolu s pneumatikami umožňují pohyb vozidla po komunikaci. Na obrázku níže jsou popsány základní části, automobilového kola bez pneumatiky. Ráfek (rim) slouží pro uchycení pláště (pneumatiky) a disk s paprsky tvoří nosnou část.



Obrázek 1: Značení kola [1]

2.1 Disk

Disková část spojuje střed kola s jeho ráfkem. V závislosti na typu kola může být tvořena plechem z lisované oceli, dráty, anebo paprsky z lehkých slitin případně kompozitních materiálů. Uprostřed diskové část se nachází středový otvor, který slouží pro nasazení kola na hlavu kola a v případě upevnění kola pomocí centrální matice slouží také k jeho uchycení. Tento způsob se v současnosti využívá převážně u závodních automobilů, protože značně urychluje proces výměny kola. U běžných automobilů se setkáváme s uchycením pomocí šroubů, jejichž šroubové otvory se nachází na roztečné kružnici, která je soustředná se středovým otvorem.

2.2 Ráfek

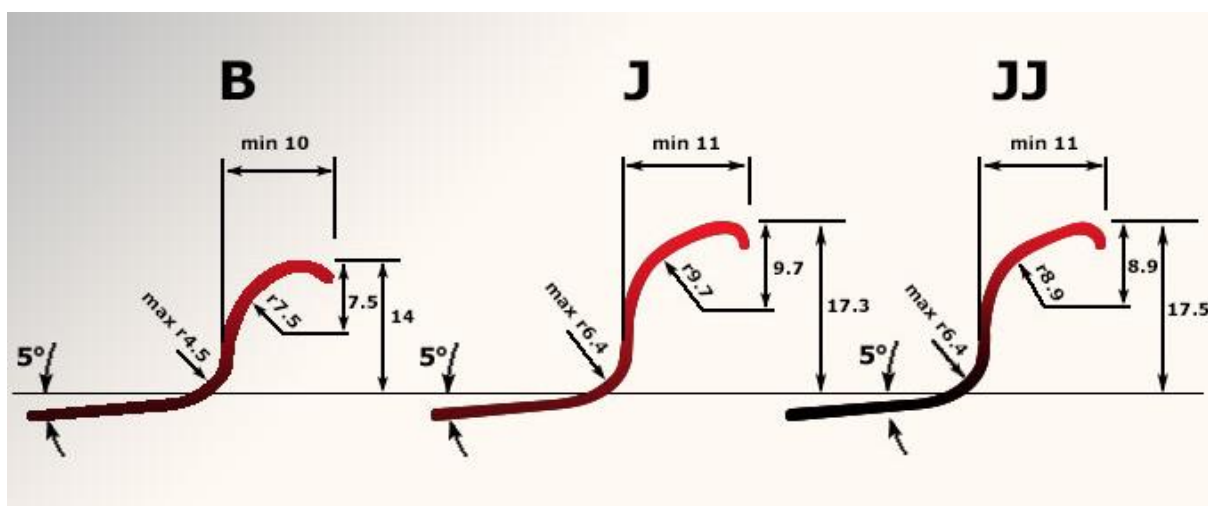
Ráfek je obvodová část kola sloužící pro uchycení pneumatiky, jejíž patka je pevně uložena v patce ráfku. Jednotlivé parametry a typy ráfků jsou uvedeny v této kapitole.

2.2.1 Parametry ráfku

Parametrů ráfku určujících jeho rozměry a tvar je celá řada a zabývám se jimi v následujících kapitolách.

2.2.1.1 Patka ráfku

Patka ráfku slouží jako boční opora patky pneumatiky. Patky ráfku mohou mít více tvarů, které se značí písmeny. Typ paty ráfku musí odpovídat typu pneumatiky, jinak hrozí nebezpečí jejího sklouznutí. U současných osobních automobilu je nejběžnější typ J, u vozů SUV je to typ JJ. U starších vozidel s menšími koly o průměrech 12 a 13 palců¹ a šířkou ráfku do 5 palců typ B. Rozdíly v jednotlivých typech patek lze vidět na následujícím obrázku. [2]



Obrázek 2: Patka ráfku [2]

2.2.1.2 Šířka ráfku

Šířka ráfku udává vzdálenost mezi patkami ráfku.

2.2.1.3 Průměr ráfku

Průměr ráfku udává vnější průměr ráfku a spolu s šířkou ráfku je jedním z nejdůležitějších rozměrů.

2.2.1.4 Hump ráfku

Anglický výraz hump označuje bezpečnostní vyvýšení, které se nachází buď na jednom nebo obou krajích ráfku v místě mezi patkou a středovým prohloubením. Toto vyvýšení brání sklouznutí patky bezdušové pneumatiky do prohloubené části ráfku, které by mohlo nastat během jízdy do zatáčky, v následku čehož by došlo k nebezpečnému úniku vzduchu z pneumatiky. Na základě tvaru vyvýšení se rozlišují dva základní druhy humpu, které jsou značeny následovně. Písmenem H se označuje kulatý hump a písmeny FH se označuje plochý hump (flat hump). Tyto dva druhy se ještě dělí na další podle toho, jestli je hump daného tvaru

¹ 1 palec = 25,4 mm

pouze na jednom nebo obou krajích ráfku. Přehled všech druhů humpů je v následující tabulce. [3]

Tabulka 1: Druhy humpů ráfku [3]

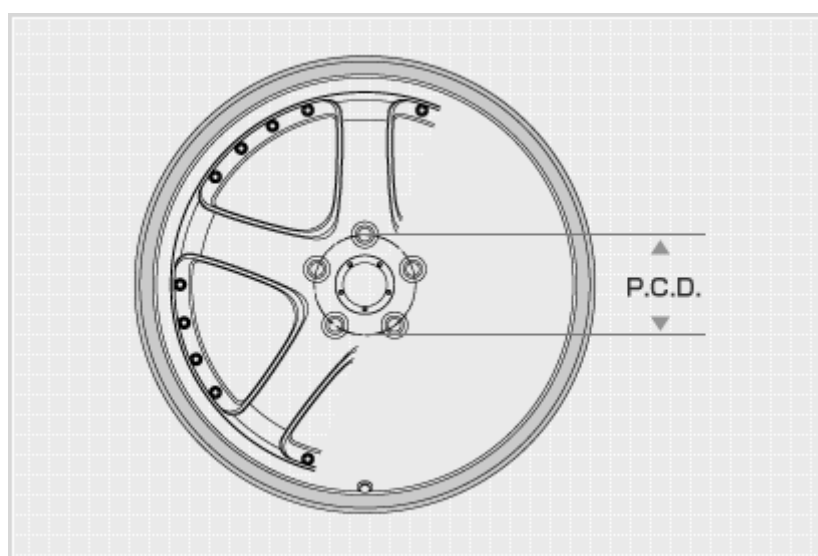
Označení	Vnější strana ráfku	Vnitřní strana ráfku	Název
H	Hump	Normální	Hump
H2	Hump	Hump	Hump na každé straně
FH	Plochý hump	Normální	Na jedné straně plochý hump
FH2	Plochý hump	Plochý hump	Plochý hump na obou stranách
CH	Plochý hump	Hump	Kombinace humpů

2.2.1.5 Počet šroubových děr

Šroubové díry slouží pro uchycení kola pomocí kolových šroubů a matic k hlavě kola, která je na hřídeli automobilu. Počet děr je závislý na výrobci a druhu automobilu. U osobních automobilů se používá čtyři až šest děr. Nejčastěji se však setkáme s uchycením pomocí pěti šroubů.

2.2.1.6 Průměr roztečné kružnice

Průměr roztečné kružnice je znám jako parametr PCD a udává průměr roztečné kružnice upevňovacích šroubů v milimetrech.



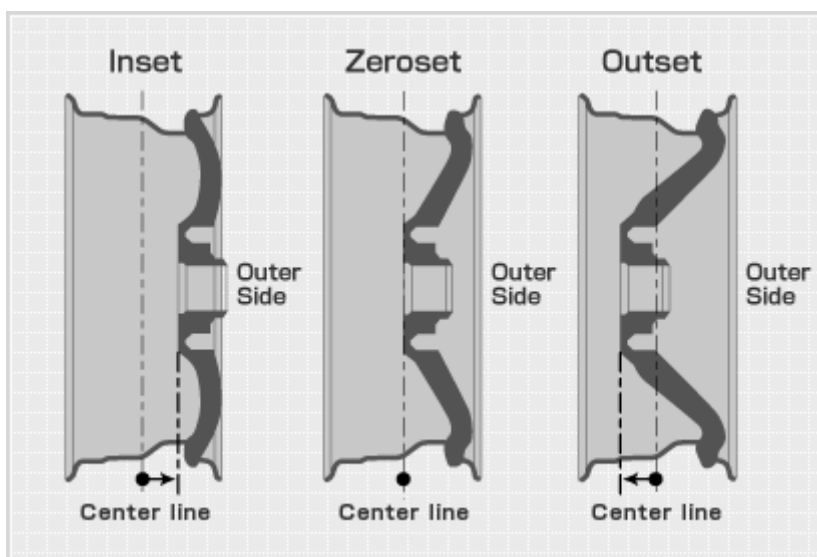
Obrázek 3: Průměr roztečné kružnice [1]

2.2.1.7 Průměr středového otvoru

Průměr středového otvoru se označuje jako CB a jeho velikost je udávána v milimetrech. Různí výrobci mohou používat rozdílné průměry, nicméně je nutné, aby kolo sedělo středovým otvorem přesně na hlavě kola. K vystředění slouží distanční středové kroužky. [4]

2.2.1.8 Zális

Velikost zálisu se značí jako parametr ET. Tento parametr udává vzdálenost vnitřní dosedací plochy kola od osy kola (center line) v milimetrech. Zális může být kladný (inset), nulový (zeroset) nebo záporný (outset). [1]



Obrázek 4: Zális [1]

2.2.2 Druhy ráfků [3]

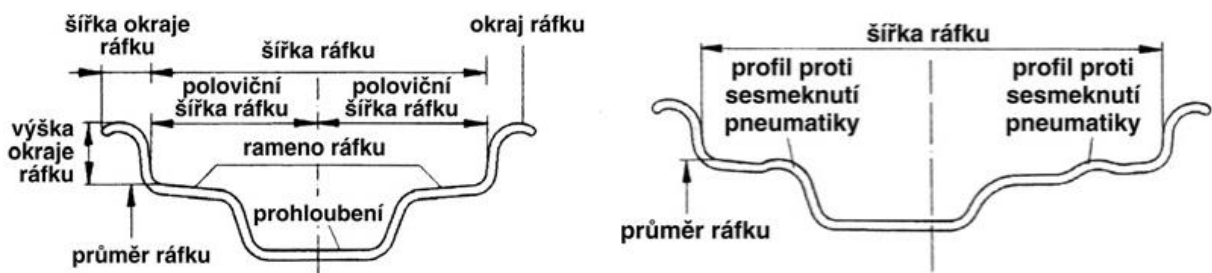
Podle typu konstrukce rozlišujeme více druhů ráfků.

2.2.2.1 Jednodílné ráfky

Jednodílné ráfky jsou, jak již jejich název napovídá, vyrobeny z jednoho kusu.

2.2.2.1.1 Prohloubené ráfky

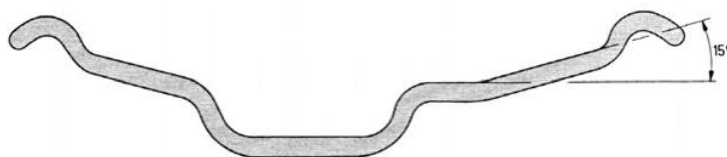
Ráfky se středovým prohloubením nacházejí své uplatnění zejména u osobních automobilů a jejich prohloubení zajišťuje snazší nasazení a sejmutí pneumatiky. Prohloubené ráfky existují v symetrickém nebo asymetrickém provedení v závislosti na symetrii podle osy kola.



Obrázek 5: Symetrický a asymetrický prohloubený ráfek [3]

2.2.2.1.2 Prohloubené ráfky se šikmou dosedací plochou

Prohloubené ráfky s dosedací plochou sklopenou pod úhlem 15° se používají u užitkových automobilů s bezdušovými pneumatikami.



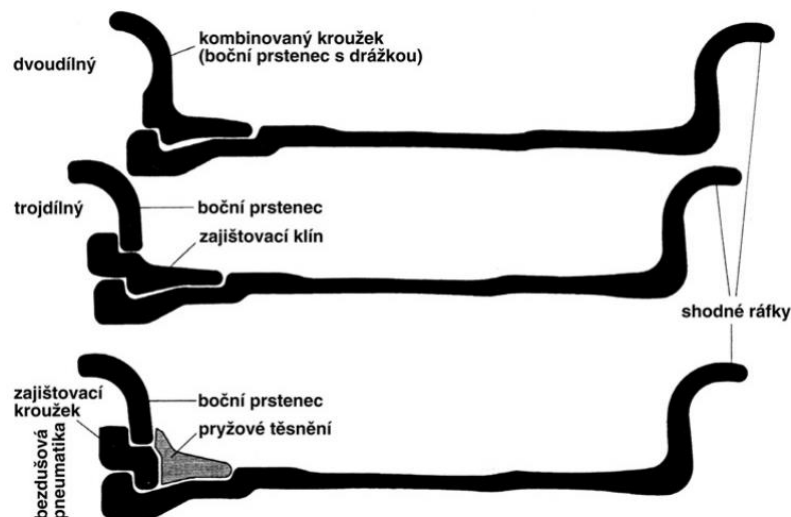
Obrázek 6: Prohloubený ráfek se šikmou dosedací plochou [3]

2.2.2.2 Dělené ráfky

Dělené ráfky jsou složeny z více dílů a používají se u nákladních vozidel, autobusů a stavebních a zemědělských strojů, protože vícedílné ráfky umožňují snazší montáž pneumatik. Při použití bezdušových pneumatik je zapotřebí, aby byl ráfek opatřen pryžovým těsněním.

Podle počtu částí se ráfky dělí na:

- Dvoudílné
- Trojdílné
- Čtyřdílné



Obrázek 7: Univerzální ráfek KPZ [3]

2.3 Značení kola

Normalizované značení kola udává všechny důležité parametry, které charakterizují dané kolo a je uvedeno výrobcem na každém kole. Kromě průměru a šířky ráfku, také velikost zálisu (ET), průměr roztečné kružnice (PCD) a středového otvoru (CB). Dále z něj lze vyčíst tvar patky ráfku a tzv. hump ráfku.

Typické značení kola může vypadat např. takto:

6,5Jx16(H2) 5x112x57,1 ET38

Tabulka 2: Značení ráfků

6,5	Šířka ráfku v palcích
J	Tvar patky ráfku
16	Průměr ráfku v palcích
H2	Druh humpu ráfku
5	Počet šroubových děr
112	PCD – průměr roztečné kružnice v mm
57,1	CB – průměr středového otvoru v mm
ET38	Zális v mm

3 Historie a vývoj automobilových kol

Popsat komplexní vývoj automobilového kola je poměrně komplikovaná záležitost, protože vzhled kola se vždy liší nejenom v závislosti na době jeho vzniku, ale i na daném výrobcu a aktuálním trendům, které mohou mít za následek mísení jednotlivých stylů. K tomu, abychom vůbec porozuměli designu prvních kol a jejich následnému vývoji, je potřeba si stručně objasnit postupný vývoj kola samotného.

3.1 Vynález kola

Kolo jako takové je bez pochyby jedním z největších a nejstarších vynálezů lidstva, nicméně jeho vynálezce není přesně znám. Už v období paleolitu (před 15 000–750 000 lety) přepravovali naši předkové nadrozměrné a těžké předměty pomocí obyčejných kmenů stromů, které s dnešním kolem nemají nic společného. Kmeny jednoduše umístili pod náklad a sunuli ho po nich. Tato metoda však nebyla příliš praktická, protože bylo za potřebí velké množství kmenů a samotné sunutí nákladu bylo pomalé a namáhavé. [5]

Určení přibližného roku a místa vzniku kola není tak jednoduché, jak se na první pohled může zdát. Někteří historici a archeologové se domnívají, že pravděpodobným místem vzniku prvního kola byla Mezopotámie, a to přibližně v období 4000 let př.n.l., odtud také pochází nejstarší malby s vyobrazenými koly. V roce 2003 se slovinským archeologům podařilo najít nedaleko hlavního města Ljubljana dřevěné kolo, u kterého rakouští experti pomocí radiouhlíkové metody určili jeho staří na 5100–5350 let. To z něj činí nejstarší doposud nalezené kolo. Toto kolo o průměru 70 cm bylo vyrobeno ze dvou dubových desek ze stejného stromu, jejichž povrch byl opálen jako jistá forma ochrany proti škůdcům. Kromě samotného kola byla ve slovinských bažinách nalezena i 120 cm dlouhá osa, která ke kolu náležela. Středový otvor kola měl hranatý tvar, což napovídá, že kolo bylo s osou pevně spojeno a s přihlédnutím k okolnímu drsnému terénu s největší pravděpodobností náleželo jednoosému vozíku. Tento nález nevyvrací původní teorii, která za místo vzniku považuje město Ur v Mezopotámii, ale spíše podporuje myšlenku, že kolo bylo vynalezeno zároveň v různých částech světa a poté se z nich rozšířilo dál. [6]



Obrázek 8: Nejstarší nalezené kolo [6]

Od doby jeho vzniku bylo kolo během následujících tisíců let postupně vylepšováno a upravováno. Jediné, co se nezměnilo, byl jeho základní tvar. První kola byla vyrobena z opracovaného kamene nebo z jednoho kusu dřeva, které bylo příčně uříznuto z kmene stromu. Tato kola však trpěla zásadními nedostatky danými samotnou podstatou konstrukce, protože vnitřní struktura dřeva není v celém průřezu stejná. V důsledku toho tato kola neměla dlouhou životnost a často praskala. Z toho důvodu se kola začala vyrábět zpravidla ze tří dřevěných desek, které byly vzájemně spojeny a zaručovaly větší pevnost. Další úpravy se zaměřily na odlehčení dřevěných kol pomocí otvorů v deskách, které postupně vedly ke vzniku paprsků. Snaha o snížení váhy a množství použitého materiálu pokračovala a výroba kola se stala složitým řemeslem, protože šířka kola a paprsků se stále více zužovala a pro jeho výrobu bylo zapotřebí čím dál tím větší zručnosti. [5]



Obrázek 9: Zjednodušená evoluce dřevěného kola [5]

Dalším krokem bylo vytvoření ochrany pojezdové plochy dřevěného kola. Ta měla prodloužit výdrž kola a dnes tuto ochranu známe pod pojmem pneumatika, nicméně její vývoj trval několik staletí. Z počátku se používala obyčejná kůže, která byla ke kolu připevněna pomocí hřebíků nebo nýtů. Záhy byla kůže nahrazena odolnějšími železnými pláty. Ty byly později nahrazeny železnými obručemi, které měly o trochu menší průměr než samotné kolo. Aby se mohly obruče nasadit, musely se zahřát. Tím se jejich průměr lehce zvětšil a umožnil jejich nasazení. Během následného chlazení se kov smršťoval, v důsledku čehož se pevně přichytil ke kolu. Takto připevněná železná obruč na kole držela takovou silou, že to umožnilo další ztenčení paprsků, které vedlo k poklesu hmotnosti. Tato konstrukce dřevěných kol zůstala prakticky nezměněna až do 19. století. [5]

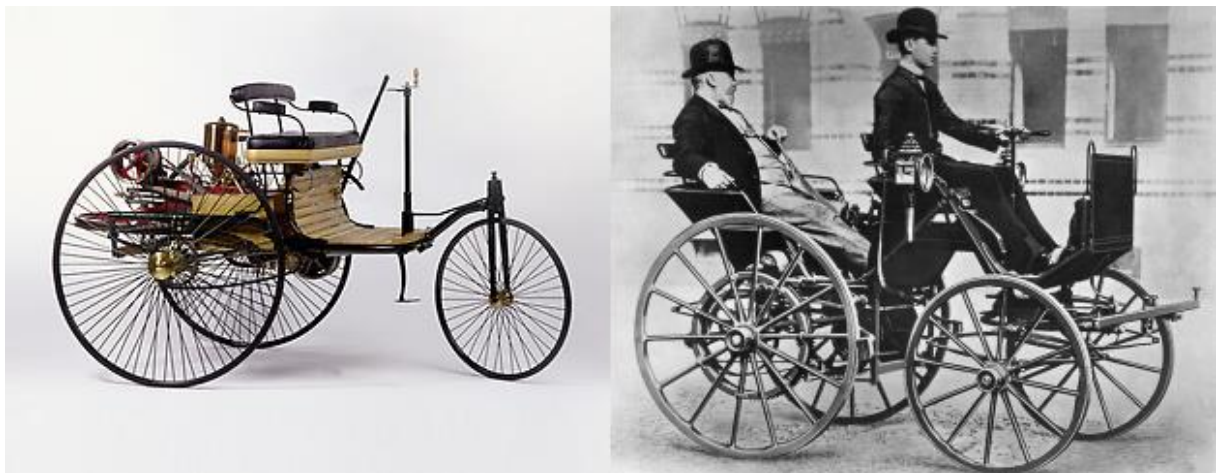
Další významný krok učinil až G. F. Bauer, který přišel v roce 1802 s prvním patentem drátěného kola, jehož paprsky byly z tenkých drátů a spojovaly náboj kola s obručí. Své uplatnění našlo ale až v druhé polovině 19. století u jízdních kol poté, co byla objevena vulkanizace, která umožnila výrobu plných pryžových obručí a později vzduchem plněných gumových pneumatik, které obepínaly drátěná kola. Později tato kola našla uplatnění i u prvních automobilů. Podrobným vývojem automobilových kol se zabývám v následující kapitole. [5]

V roce 1839 objevil Charles Goodyear proces vulkanizace kaučuku sírou, který vytvořil ze surového a lepkavého kaučuku pevný a ohebný materiál. Ten se o pár let později ukázal jako

vhodný pro výrobu pneumatik. Obvodová část prvních drátěných kol byla obepnuta tvrdou pryžovou obručí. V roce 1845 si skotský inženýr R. W. Thompson nechal patentovat koncept vzduchem plněné pneumatiky, ale jeho vynález neměl komerční úspěch, protože se jednalo pouze o koncept a v té době pro něj ještě nebylo využití. To přišlo až na konci 19. století, když se v roce 1888, nezávisle na R. W. Thompsonovi, stal John Boyd Dunlop druhým vynálezcem vzduchem plněné pneumatiky. Tentokrát pneumatika zaznamenala velký úspěch spojený s masivním rozšířením jízdních kol a příchodem prvních automobilů. [7]

3.2 Vývoj automobilových kol

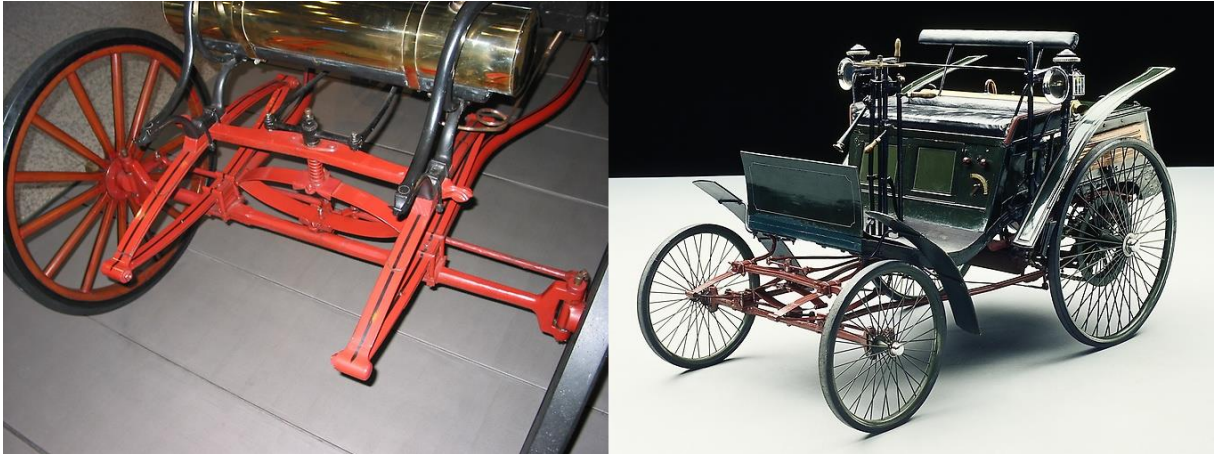
Všeobecně uznávaným vynálezcem automobilu je Karl Benz, který si v roce 1886 nechal patentovat svůj první benzínový automobil se třemi koly a názvem „Benz Patent Motor Car“. Benzovo tří kolové vozidlo mělo na dnešní poměry velká drátěná kola opatřená plnými pneumatikami z pevné pryže. Ve stejném roce o pouhých 100 km vedle nezávisle na Benzovi představil Gottlieb Daimler první automobil se čtyřmi dřevěnými koly s paprsky. [8]



Obrázek 10: Benz Patent Motorcar (vlevo), Daimler (vpravo) [8]

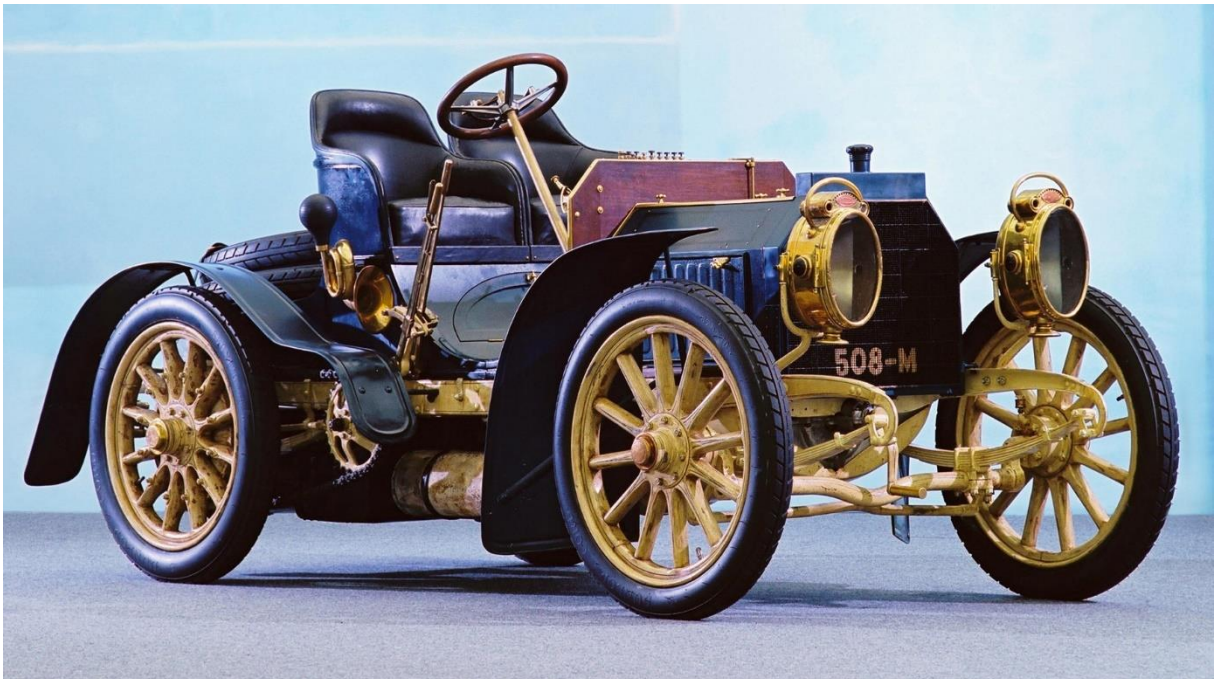
Můžeme tedy říci, že rokem 1886 se začíná odvíjet také historie automobilového kola, které za posledních více než 100 let urazilo dlouhou cestu. Na počátku nové éry automobilů připomínaly tyto stroje spíše kočáry, které ještě do nedávna tahaly koně. Této podobnosti si nejde nepovšimnout hlavně díky velkým kolům, která se ale postupně začala zmenšovat.

V roce 1893 se Benzovi podařilo vyřešit u modelu Victoria problém se zatáčením přední nápravy se dvěma koly pomocí vynalezení a následného patentování systému řízení se dvěma svislými čepy, což umožnilo vznik čtyřkolovému automobilu. O rok později představil Karl Benz první sériově vyráběný automobil na světě. Jednalo se o model Benz Velo a v následujících letech zaznamenal obrovský komerční úspěch. Tento automobil už měl klasicky čtyři drátěná kola, která byla opatřená pevnými pryžovými pneumatikami. [8]



Obrázek 11: Benz Victoria (vlevo), Benz Velo (vpravo) [8]

Velká drátěná kola se ukázala být nepraktická a jejich průměr se začal postupně zmenšovat. Aby byla zaručena dostatečná pevnost menších kol, na několik let se vrátilo do hry dřevo. První Mercedes 35 HP z roku 1901 byl osazen čtyřmi dřevěnými koly s kovovými středovými kryty, dvanácti dřevěnými paprsky a vzduchem plněnými pneumatikami. Design kol byl jednoduchý a do jisté míry dán samotnou konstrukcí, ale můžeme si povšimnout, že už tehdy byla kola výrazným designovým prvkem automobilu. Obdobný druh kol se s menšími úpravami používal u automobilů až do 20. let 20. století. Záleželo samozřejmě na typu automobilu a jeho výrobci.



Obrázek 12: Mercedes 35 HP [9]

Postupem času se začala dřevěná kola nahrazovat novými drátěnými koly. Konstrukce drátěného kola se skládá z ocelového ráfku, náboje a špic, které tvoří diskovou část. Špice jsou uspořádány v různých úhlech a spojují náboj s ráfkem. Tato kola se začala u prvních

automobilů objevovat už kolem roku 1911, ale trvalo ještě několik let, než úplně nahradila kola dřevěná, která přestala vyhovovat požadavkům.

Na obrázku níže je legendární Audi 14/35 PS Typ C z roku 1914, které bylo vyráběno mezi lety 1911 až 1925. Pro jeho tři po sobě jdoucí vítězství na rakouské Alpské rallye v letech 1912, 1913 a 1914 bylo přezdíváno Alpensieger, což v překladu znamená alpský vítěz. Toto Audi bylo jako jedno z prvních osazeno čtyřmi drátěnými koly vyvedenými v barvě karoserie. [10]



Obrázek 13: Audi 14/35 PS Typ C z roku 1914 [10]

Drátěná kola se samozřejmě dále vyvíjela a k jejich obrovskému rozšíření na celém světě došlo ve 20. letech minulého století.

Historickým milníkem automobilismu je rok 1924, kdy automobilový designér a konstruktér Ettore Bugatti představil svůj legendární model Bugatti Type 35, který se vepsal do dějin jako jeden z neúspěšnějších závodních vozů všech dob. Svého času s ním soutěžila i česká závodnice Eliška Junková. U tohoto vozu byla vůbec poprvé v historii použita hliníková kola. Tato kola byla pevnější a lehčí než jakákoli jiná doposud vyrobená kola, což mělo velký vliv na jízdní vlastnosti vozu. Disková část s osmi širokými paprsky byla pevně spojena s ráfkem pomocí 32 šroubů, jejich počet se později snížil na 24. Kola byla matná, protože hliník neměl žádnou povrchovou úpravu. Další obrovskou inovací byla integrace brzdového bubnu do samotného kola, což umožnilo rychlou výměnu opotřebovaných kol a brzd během závodů. Díky velkému průměru kola a otvorům bylo zároveň zajištěno jejich dobré chlazení. Ettore Bugatti se svými hliníkovými koly výrazně předběhl dobu, protože převážně evropské automobilky používaly drátěná kola až do 60. let 20. století. [11]



Obrázek 14: Bugatti Type 35 z roku 1925 [12]

Situace na druhé straně Atlantiku byla trochu odlišná. Na obrázku níže je americký automobil Duesenberg Model J z roku 1929, který má drátěná kola s masivními náboji. Můžeme si také povšimnout narůstající šířky ráfků. Zajímavým detailem je nástup trendu pneumatik s elegantním bílým lemem, který opticky zvětšuje diskovou část. Drátěná kola byla převážně pochromovaná, případně vyvedena v odstínu karosérie. Za povšimnutí stojí také rezervní kolo upevněné na pravém boku automobilu.



Obrázek 15: Duesenberg Model J z roku 1929 [13]

V roce 1955 představil Cadillac svůj model Eldorado s koly známými pod názvem *Sabre - Spoke*. Kolo bylo tvořeno ocelovým ráfkem, ke kterému byla přinýtována hliníková středová část. Celé kolo bylo pochromováno případně nalakováno. Zajímavostí je, že toto kolo bylo k dispozici pouze do roku 1958 a poté Cadillac nenabízel kola z lehkých slitin až do roku 1981. [14]



Obrázek 16: Cadillac Eldorado Convertible z roku 1955 [15]

Některé automobilky začaly od 50. let 20. století nahrazovat klasická drátěná kola novými diskovými koly. V roce 1954 představil Mercedes-Benz svůj ikonický model 300 SL s typickými křídlovými dveřmi, která jsou známá pod označením „racčí křídla“ [16]. Některé modely byly vybaveny ocelovými koly, pro které se vžilo označení *Rudge*. Tato kola se vyznačovala uchycením pomocí centrální matice s logem Mercedes, která umožňovala jejich rychlou výměnu. Tento systém uchycení byl vyvinut a patentován britskou značkou Rudge - Whithworth a později si na něj koupil licenci Carlo Borroni – zakladatel slavné značky Borroni [17]. Kola byla vyvedena buď v odstínu karoserie nebo pochromována.



Obrázek 17: Mercedes-Benz 300 SL Gullwing z roku 1956 [18]

Na obrázku níže je Ferrari 250 GT SWB Berlinetta by Scaglietti z roku 1961 s legendárními drátěnými koly italské značky Borrani, která byla dvorním dodavatelem kol pro automobily se vzpínajícím se koněm ve znaku. Ferrari nebylo jediné, komu kola dodávala firma Borrani. Mezi její další odběratele patřili např. Maserati, Aston Martin, Jaguar, Alfa Romeo a Bugatti. Středky a dráty byly vyrobeny z oceli, zatímco ráfek z lehkého hliníku. Středový otvor kola byl kryt typickou centrální „okřídlenou“ maticí, která zároveň sloužila pro jeho uchycení. Nejčastější povrchovou úpravou bylo pochromování případně lakování.



Obrázek 18: Ferrari 250 GT SWB Berlinetta by Scaglietti z roku 1961 [19]

S rozvojem metalurgie během první a druhé světové války dramaticky vzrostlo množství vyrobeného magnézia, jehož slitiny nacházely své uplatnění převážně v leteckém průmyslu pro jejich velkou pevnost kombinovanou s nízkou hmotností. Jedním z průkopníků používání magnéziových součástí byl americký inženýr a automobilový nadšenec Ted Halibrand, který od poloviny 30. let 20. století až do konce 2. světové války pracoval pro americkou společnost Douglas Aircraft zabývající se výrobou letadel. Po válce se Ted Halibrand vrátil k tomu, co ho fascinovalo nejvíce – automobilovým závodům na oválech. Na základě svých bohatých zkušeností získaných během několika let v leteckém průmyslu se rozhodl vyrobit vlastní litá magnéziová kola, protože mu bylo více než jasné, že tato kola budou nejen pevnější, ale i o poznání lehčí, čímž se sníží množství tzv. neodpružené hmoty a automobil s nimi bude mít lepší jízdní vlastnosti a také rychlost. A tak v roce 1946 vznikla první litá automobilová kola z magnéziové slitiny, která kromě magnézia obsahovala ještě hliník a zinek. Tato kola se začala používat na závodech miniatur, známých jako *midget racing*. Jejich úspěch ho přiměl k založení značky Halibrand Engineering, se kterou o pouhý rok později začal vyrábět litá magnéziová kola ve velkém. Na konci 40. let 20. století začal svá inovativní kola testovat na okruhu v Indianapolis, čímž dokázal jejich spolehlivost a od roku 1951 až do roku 1965 měli všichni vítězové závodu Indianapolis 500 na svých monopostech magnéziová kola značky Halibrand. [20]

Závod Indianapolis 500 v roce 1951 ovládl se svým monopostem s *magy* značky Halibrand Lee Walard [21]. Na obrázku níže si můžeme všimnout absence jakýchkoliv otvorů v diskové části a uchycení pomocí centrální matice.



Obrázek 19: Vítěz 1951 Indianapolis 500 Lee Walard (uprostřed) [21]

S postupem času se poznávacími znaky kol Halibrand stalo výrazné zapuštění a pět otvorů s vystouplými lemy. Spoustu kol značky Halibrand bylo opatřeno ochrannou vrstvou, díky které měly typický bronzově zlatý vzhled. S těmito koly závodily například monoposty Ferrari ve Formuli 1 v 60. a 70. letech minulého století [14].



Obrázek 20: Dobová reklama na kola Halibrand [22]

Magnéziová kola začala pro své vlastnosti rychle nabírat na popularitě a vystřídala jejich drátěné předchůdce nejen na závodních okruzích v USA, ale oblíbili se je i automobiloví nadšenci, kteří své vozy upravovali, a postupně i mezi výrobci automobilů.

V roce 1961 italský výrobce sportovních automobilů Osca představil svůj model 1600 GT, který byl jako jeden z prvních osazen litými magnéziovými koly značky Amadori [14]. Tato revoluční šesti paprsková kola byla připevněna pomocí pěti šroubů, které u vybraných variant modelu 1600 GT byly zakryty pochromovaným krytem.



Obrázek 21: OSCA 1600 GT by Carrozzeria Zagato z roku 1963 [23]

Litá kola z magnéziové slitiny byla nejen lehčí, ale i pevnější než jejich drátění předchůdci. Díky tomu zaznamenala během 60. a 70. let obrovský vzestup u sportovních a luxusních automobilů. Od roku 1962 začal Carlo Abarth nabízet magnéziová kola Campagnolo na většině modelů se značkou Abarth. Tato kola byla uchycována pomocí čtyř šroubů. Ferrari vstoupilo do hry o pouhé dva roky později, když v roce 1964 představilo u modelu 275 GTB magnéziová kola Cromodora Starburst s uchycením pomocí centrální matice jako alternativu ke klasickým drátěným kolům Borrani. Trvalo ale ještě pár let, než byly u Ferrari drátěná kola úplně nahrazena. V roce 1964 americká Corvette začala na své automobily montovat hliníková litá kola Kelsey-Hayes s uchycením pomocí centrální matice a později pomocí pěti šroubů. V roce 1965 začal Carol Shelby u svého modelu AC Cobra používat magnéziová kola Halibrand. Ve stejném roce představil Ford model Mustang G.T. 350, který byl k dispozici s volitelnými koly Shelby/Cragar. Tato pěti paprsková kola měla litou hliníkovou diskovou část přivařenou k pochromovanému kovovému ráfku. O pouhý rok později, v roce 1966, začal Ford u některých automobilů používat hliníková litá kola z jednoho kusu. Výjimkou byl například sportovní model Ford GT40, který od roku 1966 disponoval magnéziovými koly Halibrand. V roce 1966 bylo na ženevském autosalonu představeno Lamborghini Miura, které bylo vybaveno magnéziovými koly značky Campagnolo s centrální maticí. Ve stejném roce uvedlo

na trh Porsche nový model 911S, který měl už v základní výbavě kovaná hliníková kola Fuchs s pěti paprsky a uchycením pomocí pěti šroubů. Tento typ kol se stal typickým pro modely řady 911 po několik následujících dekád. Do konce roku 1970 už měli magnéziová, případně hliníková kola vybrané vozy značek Fiat, Toyota, Maserati, Aston Martin nebo také Mercedes. Ten v roce 1970 představil nové modely s kovanými hliníkovými koly značky Fuchs, která jsou známá pod označením *Bundt Cake* a jejichž design zůstal nezměněn více než 10 let, ačkoliv později vyrobená kola už byla litá. Pro běžné motoristy se litá kola stala dostupnými až v roce 1974, když Volkswagen začal u svých modelů Golf, Scirocco a Passat nabízet hliníková litá kola s dvanácti paprsky v rámci příplatkové výbavy a postupně je do své nabídky zařadili i ostatní automobilky. Trvalo však ještě téměř 30 let, než se kola z lehkých hliníkových slitin rozšířila mezi běžné uživatele a stala se nedílnou součástí dnešních automobilů. [14]

Jak jde vidět, jednotliví výrobci už tehdy experimentovali s materiály a zkoušeli pro výrobu kol používat jak magnéziové, tak i hliníkové slitiny. V průběhu let se ukázaly nedostatky právě magnéziových kol, mezi které patřila nízká odolnost proti korozi a vysoká hořlavost. Výrobci od nich proto začali postupně od 80. let upouštět a na nějakou dobu je vystřídali hliníkovými koly. V současnosti se však magnéziová kola opět používají převážně ve vrcholových závodních sériích a u supersportovních vozů, protože díky jinému složení slitiny a vyspělejšími povrchovými úpravám se eliminovaly původní nedostatky.

3.2.1 Chronologický vývoj kol osobních automobilů

S příchodem kol z lehkých slitin se designérům otevřely nevídané možnosti, protože nové materiály jim umožnily dát průchod jejich fantazii a vzniku nových tvarů. Na následující straně je chronologický vývoj automobilových kol od úplných počátků až po současnost. Je zde vidět, že již od počátku byla kolům věnována velká pozornost, protože zásadně ovlivňují nejen jízdní vlastnosti a bezpečnost automobilu, ale i jeho celkový vzhled. Nicméně můžeme říci, že celý vývoj automobilových kol se nese v duchu neustálého zlepšování používaných technologií a hledání nových zajímavějších tvarů. Design prvních dřevěných kol byl maximálně jednoduchý a jejich forma následovala funkci. S příchodem drátěných kol se jejich vzhled sice změnil, ale designéři měli kvůli samotné konstrukci kola poměrně svázané ruce. To se změnilo až s nástupem kol z lehkých slitin. Miniaturní otvory v prvních magnéziových kolech, které sloužily pro chlazení brzd postupně vedly ke vzniku paprsků, tak jak je známe dnes. Design paprsků byl už od počátku propracovaný, avšak relativně jednoduchý. Zhruba od přelomu 80. a 90. let dochází k postupnému zvětšování průměru ráfku a používání tzv. nízkoprofilových pneumatik s menší výškou bočnice, které mají pozitivní vliv na jízdní vlastnosti. Jak je tomu zvykem, tak tento trend začal u sportovních automobilů a postupem času se tyto pneumatiky začaly používat i u běžných vozidel.



1886 [24]



1913 [25]



1924 [26]



1934 [27]



1948 [28]



1956 [29]



1958 [30]



1961 [31]



1962 [32]



1964 [33]



1966 [34]



1966 [35]



1970 [36]



1974 [37]



1981 [38]



1988 [39]



1990 [40]



1993 [41]



1995 [42]



1998 [43]



2002 [44]



2004 [45]



2010 [46]



2017 [47]



2018 [48]

Obrázek 22: Chronologický vývoj kol osobních automobilů

3.2.2 Současný stav

V současnosti je na kola kladen obrovský důraz a designéři přichází neustále s novými a komplikovanějšími tvary paprsků. Zároveň mají současná kola zpravidla o několik palců větší průměr. Díky výše zmíněnému, kola mnohdy působí jako výrazný a samostatný prvek, který nezřídka upoutá pozornost rychleji, než zbytek automobilu a designéři jsou si toho dobře vědomi.

Kromě různého počtu paprsků rozličných tvarů se u dnešních kol často setkáváme s různými povrchovými úpravami a barevnými provedeními. Trendem poslední doby je dvoubarevné lakování, pomocí kterého se zvýrazní některé části kola a díky tomu vznikají vizuálně atraktivní řešení diskové části. Další možností je kombinace lakovaných a broušených částí kola. Na celé kolo se aplikuje lak tmavé barvy (např. metalická černá). Vybrané části se pomocí CNC soustruhu nepatrně zbrousí, čímž dojde k odstranění laku a k odhalení surového podkladu s broušenou povrchovou úpravou, která se může případně ještě vyleštit. Tento proces dá vyniknout struktuře hliníkové slitiny. Následně se na celé kolo aplikuje vrstva transparentního laku a výsledek působí vizuálně velmi atraktivním dojmem.

3.2.3 Výhled to budoucnosti

Vývoj v oblasti materiálového inženýrství může přinést ještě pevnější a lehčí materiály, které budou mít větší odolnost proti poškození díky pokročilým povrchovým úpravám. Dá se předpokládat, že další oblastí, ve které jde dosáhnout ještě lepších výsledků, je aerodynamika kol, protože kola do jisté míry ovlivňují obtékání vzduchu. Momentálně se totiž naprostá většina kol navrhuje tak, aby splňovala hlavně estetické parametry. U některých automobilů se však už dnes setkáváme se speciálně tvarovanými paprsky, které usměřňují a přivádí vzduch na brzdové kotouče, čímž je ochlazují. Převážně u elektromobilů se setkáváme s koly, jejichž disková část je navržena tak, aby měla co nejmenší odpor vzduchu, čímž je zajištěna menší spotřeba energie. Zajímavou vizí, je použití aktivních aerodynamických prvků, které by mohly usměřňovat tok vzduchu a snižovat odpor v závislosti na rychlosti automobilu. Mohlo by se zdát, že koncept kola jako takový dosáhl svého vrcholu a u kol, jak je známe, je minimální prostor pro výrazné změny. Avšak to neznamená, že nemohou nastat.

3.2.4 Propojení s informačními technologiemi

Propojení samotného kola je komplikovanější, protože se jedná vyloženě o část vozidla, která plní předem danou funkci. Spíše se může jednat o doplnění senzory. U moderních vozidel je povinný systém pro měření tlaku v pneumatikách (TPMS). Monitorování probíhá buď nepřímo na základě vyhodnocení dat z ABS a ESP nebo přímo pomocí čidel upevněných na ráfcích okolo otvorů pro ventilky, které rádiovým signálem přenáší data do palubního počítače vozidla.

4 Druhy automobilových kol

V automobilovém průmyslu se používá celá řada kol. Těmi nejpoužívanějšími typy se zabývám ve zbytku této kapitoly.

4.1 Drátěná

Drátěná automobilová kola se používala hlavně v první polovině 20. století a byla velmi populární. Dá se říct, že jejich éra skončila na konci 60. let 20. století a dnes jsou doménou převážně starých veteránů, případně moderních replik těchto automobilů. Jejich konstrukce se skládá z několika částí. Disková část je tvořena dráty uspořádanými v různých úhlech, které pevně spojují ocelový ráfek se středem kola. Středový otvor je kryt typickou centrální maticí, která slouží pro uchycení kola. Tento systém uchycení vyvinula britská společnost Rudge - Whithworth a později si na něj koupil licenci Carlo Borroni - výrobce slavných drátěných kol.



Obrázek 23: Drátěné kolo [49]

4.2 Ocelová

Proces výroby ocelového kola je relativně jednoduchý, což drží výrobní náklady na nízké úrovni a klasická ocelová kola se těší vysoké popularitě už po několik desetiletí. Nutno však podotknout, že v dnešní době jsou tato kola na ústupu a jsou většinou doménou vozidel nižších cenových kategorií. Konstrukce kola je tvořena ze dvou částí, z ráfku a středového disku s otvory, které činí kolo lehčím a zároveň umožňují lepší chlazení brzd. Obě části se lisují z jednoho kusu oceli a jsou vzájemně spojeny svárem. V naprosté většině případů bývají ocelová kola doplněna plastovými kryty (poklicemi), jelikož pohledová strana samotného kola není nikterak esteticky pohledná. Mezi největší výhody ocelových disků patří již zmíněná nízká cena a dále také dobrá chemická odolnost, kterou majitelé ocení hlavně v zimním období.

Hlavní nevýhodou je menší tuhost v porovnání s koly z lehkých slitin, vyšší hmotnost a design kola.



Obrázek 24: Ocelové kolo [50]

4.3 Kola TRILEX

Kola TRILEX jsou určena pro nákladní automobily, kamiony, autobusy a jiná nadrozměrná vozidla. Jejich konstrukce se skládá z diskové části, která je tvořena hvězdicí s šesti paprsky a ze snímatelného ráfku. Pro bezdušové pneumatiky je ráfek jednodílný a má středové prohloubení. Pro pneumatiky s duší se používají ploché ráfky složené ze tří částí. Obrovskou výhodou systému TRILEX je to, že k sundání pneumatiky a jejímu opětovnému nasazení není zapotřebí žádné speciální nářadí, díky čemuž je její výměna rychlá a praktická. [51]



Obrázek 25: Kolo TRILEX [52]

4.4 Kola z lehkých slitin

Pro výrobu kol z lehkých slitin jsou používány slitiny hliníku a magnézia. Hlavní přednostní těchto kol je nižší hmotnost, vysoká tuhost a v neposlední řadě jsou také esteticky pohlednější a zlepšují vzhled automobilu.

4.4.1 Hliníková

Kola ze slitin hliníku jsou nejběžnějším druhem kol z lehkých slitin a dnes se vyskytují i na běžných automobilech v hojném množství. Existuje několik typů kol, které se dělí podle způsobu výroby a liší se svými vlastnostmi.

4.4.1.1 Výhody

Hliníkové disky jsou o poznání lehčí než ocelové a mají příznivější rozložení hmoty, což se pozitivně projevuje poklesem hodnot setrvačných sil rotujícího kola, tím se zvyšuje dynamika akcelerace i brzdění. Lehčí kola redukují tzv. neodpruženou hmotu automobilu a to umožňuje tlumičům lépe se vypořádávat s nerovnostmi, zlepšovat přilnavost a celkově zlepšit jízdní vlastnosti. Litá kola mimo jiné zajišťují lepší vedení tepla, které vzniká při brzdění. To zlepšuje brzdný výkon především ve více náročných podmínkách a zmenšuje riziko selhání brzd z důvodu přehřátí. V neposlední řadě ve většině případů zlepšují celkový vzhled automobilu.

4.4.1.2 Nevýhody

Kola z lehkých slitin mají vyšší výrobní náklady než obyčejná ocelová, a proto nejsou obvykle zahrnuta v základní výbavě automobilů, nýbrž jsou nabízena jako volitelná doplňková výbava. Přesto je v současnosti jejich nárůst na trhu oproti minulosti, kdy byla nabízena pouze u automobilů vyšší cenové kategorie nebo sportovních aut, značný. Další nevýhodou je jejich náchylnost ke galvanické korozi, která vzniká spojením dvou odlišných kovů a jejich vystavením koroznímu prostředí.

4.4.1.3 Litá kola ze slitin hliníku

Odlévání je nejběžnějším způsobem výroby hliníkových kol. Pokud na současném automobilu uvidíme hliníkové kolo, s největší pravděpodobností to bude právě lité. Z důvodu zlepšení materiálových vlastností se do hliníku přidávají další prvky a pro výrobu litých kol se používají nejčastěji slitiny $AlSi_7Mg$ nebo $AlSi_{11}Mg$. Odlévání se provádí buď gravitačním nebo nízkotlakým litím. Během gravitačního odlévání tavenina vtéká do formy svévolně vlivem gravitace. Jedná se o nejjednodušší a nejlevnější způsob výroby méně kvalitních kol, protože v odlitku mohou vznikat nežádoucí póry, které ovlivňují mechanické vlastnosti kola. Druhým, technologicky vyspělejším, způsobem je tzv. nízkotlaké lití, během kterého tavenina vtéká

do formy pro odlitek zesponu vlivem působení tlaku. Celá výroba litého kola je velmi sofistikovaný proces, který v sobě kombinuje materiálové inženýrství a další a technické obory. Podrobným popisem používaných materiálů a procesu výroby se zabývám v kapitolách č. 5 a 6.

4.4.1.4 Kovaná hliníková kola

Vysoce kvalitní kovaná kola se vyrábí pomocí zápusťkového kování. Tato kola patří k tomu nejlepšímu, co si můžeme na svoje vozidlo pořídit. Z důvodu vyšší ceny, která je zapříčiněna technologickou náročností výroby a menším počtem vyrobených kol, se s nimi na běžných vozidlech neseťkáváme příliš často. Vyšší cena je však vykoupena nižší vahou, vyšší pevností a ještě lepšími materiálovými vlastnostmi, než s jakými se seťkáváme u kol litých. Podle konstrukce kola jsme schopni rozlišit několik druhů kovaných kol.

4.4.1.4.1 Monobloková kovaná kola

Monobloková kovaná kola jsou absolutním vrcholem mezi hliníkovými koly. Pro jejich výrobu se používá hliníková slitina typu 6061-T6 [53]. Tato slitina hliníku, hořčíku, křemíku a mědi ($AlMg_1SiCu$) je známá také pod názvem dural a pro její výborné vlastnosti je v hojně míře používána převážně v leteckém průmyslu a v dalších odvětvích, která kladou vysoké nároky na použité materiály. Slitina 6061-T6 vyniká lehkostí, vysokou pevností, dobrou obrobiteľností a zároveň odolností vůči korozi. Zároveň se na ni dobře aplikují vrstvy laku a je svařitelná. Pod označením T6 se skrývá způsob tepelné úpravy (žhání), která zlepšuje jeho materiálové vlastnosti. [54]

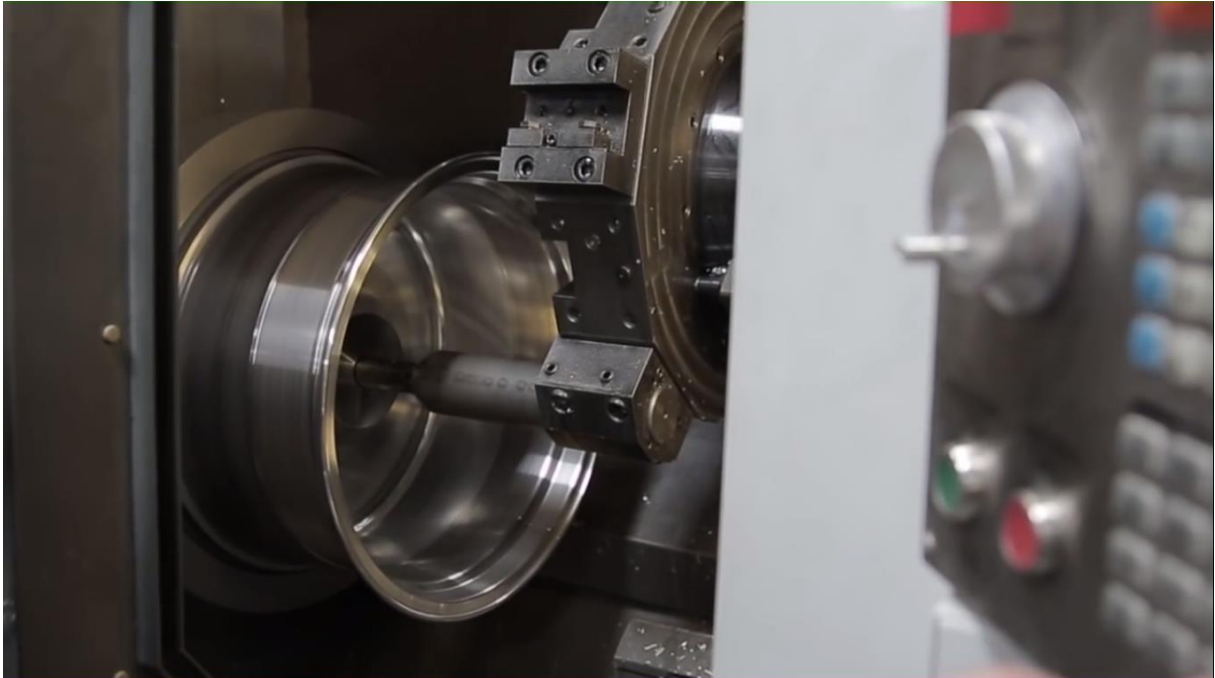
4.4.1.4.1.1 Postup výroby monoblokového kovaného kola [57]

Prvním fází výroby je stlačení duralového válce na potřebný tvar a velikost silou 8000 tun [55]. Tímto se získá základní polotovar s obrovskou hustotou a výbornou vnitřní strukturou zrn, který v závislosti na jeho velikosti váží okolo 81 kg a jeho následným opracováním se váha sníží na 9-13 kg [57].



Obrázek 26: Monoblok pro výrobu kovaného kola [56]

V druhé fázi se tento polotovar umístí do horizontálního CNC soustruhu, který zhruba během 30 minut odebere cca 20 % hmoty a vysoustruží zadní polovinu ráfku a celou vnitřní část kola, čímž určí jeho profil.



Obrázek 27: Horizontální CNC soustruh [57]

Ve třetí fázi se částečně opracované kolo vloží do vertikálního CNC stroje, který opracuje zbylou část a definuje profil samotného kola a odebere dalších cca 30 % hmoty.



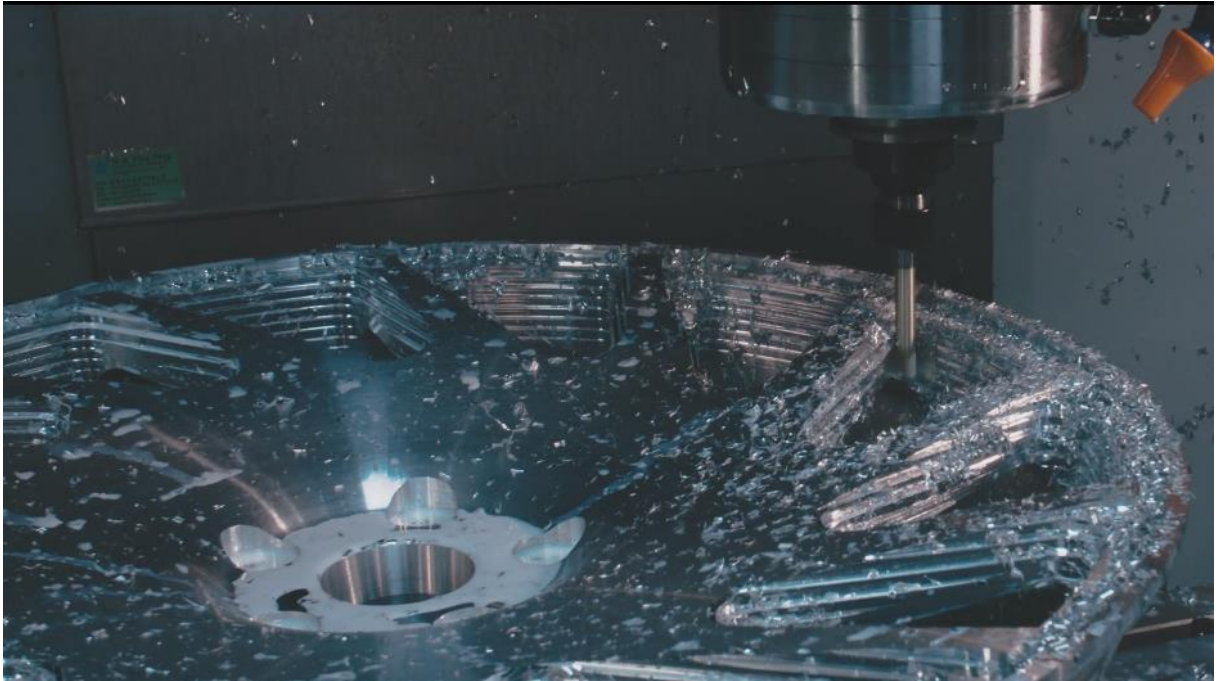
Obrázek 28: Vertikální CNC stroj [57]

Výsledkem je opracované kolo, avšak bez vyřezaných otvorů v diskové části.



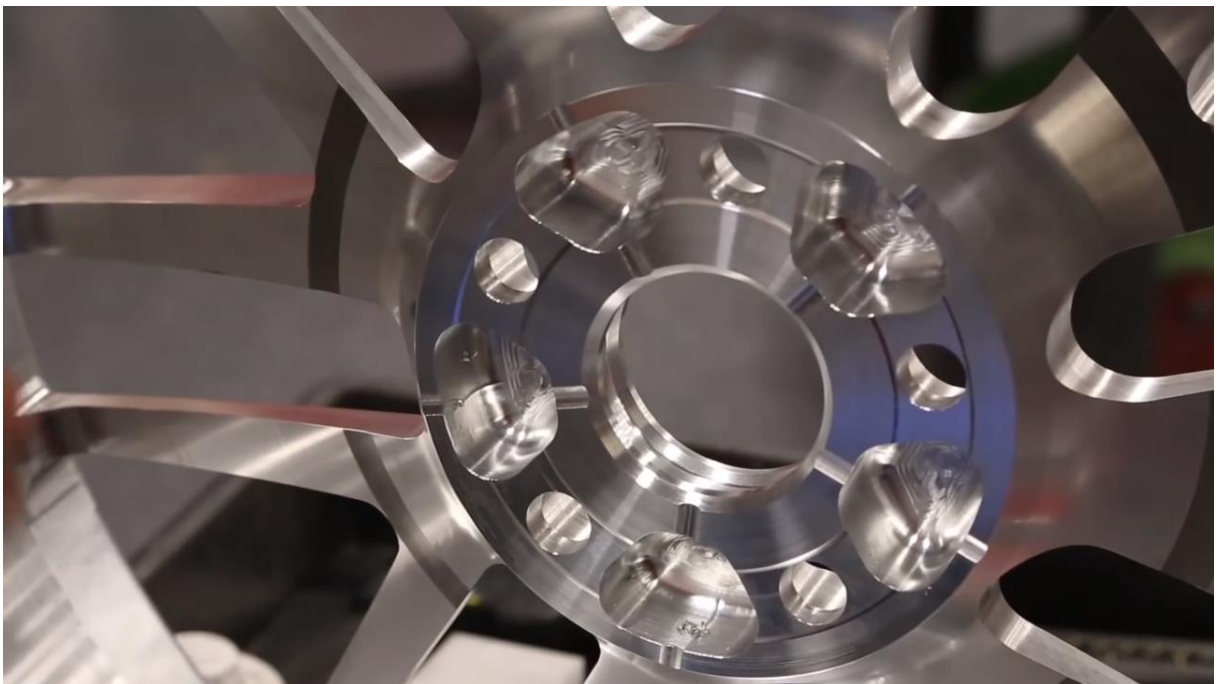
Obrázek 29: Opracované kolo bez vyřezaných otvorů [58]

Ve čtvrté fázi se pomocí CNC stroje vyřezou všechny potřebné otvory v diskové části, které budou tvořit paprsky kola a šroubové otvory. Kapalinové chlazení je nutností.



Obrázek 30: Vyřezávání otvorů v diskové části [59]

U kol se dále z důvodu maximální úspory hmotnosti odebere materiál z vnitřní strany, která bude dosedat na hlavu kola a vytvoří se tzv. odlehčovací kapsy.



Obrázek 31: Odlehčovací kapsy [56]

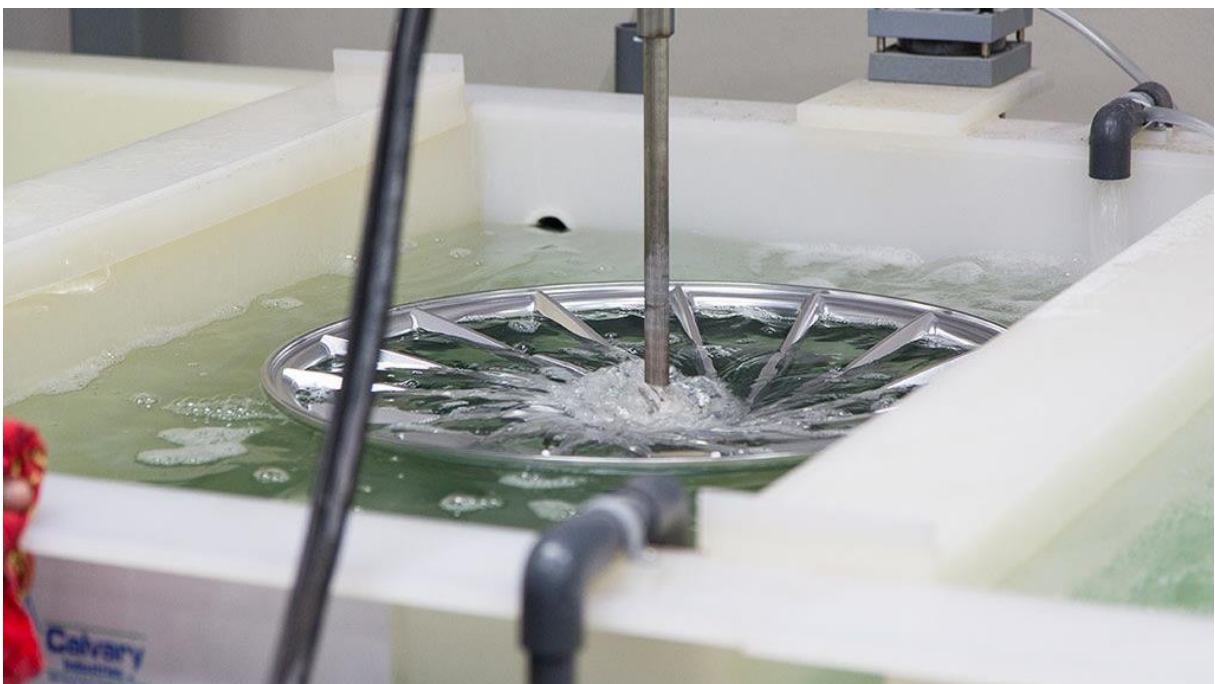
V dalším kroku následuje kontrola a přeměření všech důležitých rozměrů a váhy, protože parametry musí splňovat naprosto přesně veškeré specifikace daného kola. Pokud všechny parametry odpovídají, kolo se přesune na další stanoviště, kde proběhne precizní ruční

dobroušení a případně i leštění, pokud se jedná o kolo, na který se bude aplikovat transparentní lak.



Obrázek 32: Ruční dobroušení kola [60]

Poté se kolo přesouvá na lakovnu. Před samotným lakováním kola musí podstoupit chemickou předúpravu, během které se kola v několika krocích zbaví veškerých nečistot, odmastí se, deoxidují se a podstoupí pasivaci, která zamezí další oxidaci. Tímto jsou kola připravena na nános laku.



Obrázek 33: Chemická předúprava kola [61]

Ještě před samotným lakováním je nezbytné zakrýt veškeré šroubové otvory, aby nedošlo k jejich zaslepení. Následně se na kolo nanese práškový základ, finální barva a transparentní lak. Po vysušení a vytvrzení laku je kolo hotové.

4.4.1.4.2 Dvoudílná kovaná kola

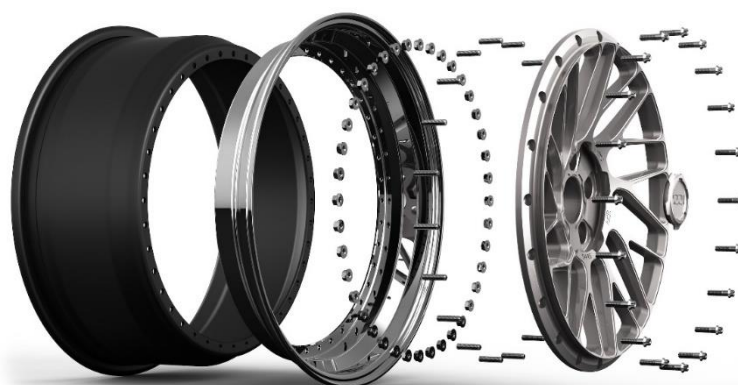
Dvoudílná kola jsou nejlevnější verzí kovaných kol. Jejich konstrukce se skládá ze dvou částí. Disková část je spolu s ráfkem vyrobena z hliníkové slitiny 6061-T6 a tyto dvě části jsou pevně spojeny buď svárem na vnitřní straně nebo šrouby po obvodu ráfku. Někdy může být z důvodu snížení ceny kola vyrobena disková část litím, ale ta samozřejmě nedosahuje stejné kvality. [62]



Obrázek 34: Dvoudílná kovaná kola [63]

4.4.1.4.3 Trojdílná kovaná kola

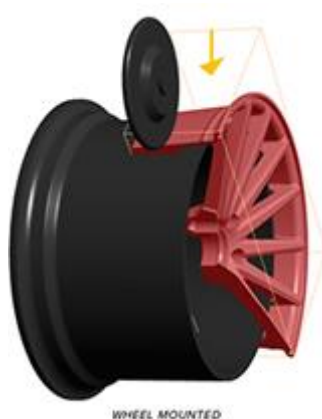
Trojdílná kola jsou naopak nejdražší verzí kovaných kol. Je to dáno složitostí jejich konstrukce, která se skládá ze tří částí. Z vnitřního ráfku, vnějšího ráfku a diskové části. Všechny tři části jsou pevně spojeny šrouby po obvodu ráfku. Mezi vnitřním a vnějším ráfkem je navíc těsnění z RTV silikonu. Výhodou této konstrukce je relativně jednoduchá oprava, protože kolo lze demontovat a stačí vyměnit pouze poškozená část. [62]



Obrázek 35: Trojdílná kovaná kola [64]

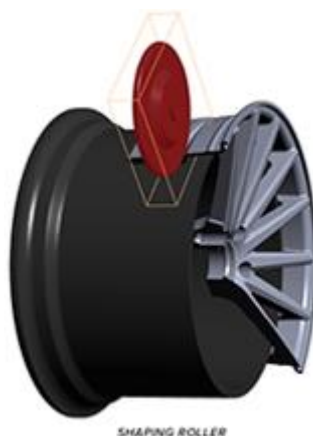
4.4.1.5 Kola vyrobená technologií flow forming

Flow forming je postup výroby, který v sobě kombinuje zápustkové kování a odlévání. Jako první se prostřednictvím nízkotlakého lití vyrobí odlitek stejným postupem jako při výrobě litých kol. S tím rozdílem, že ráfek kola má výrazně větší tloušťku a není určen jeho profil. V prvním kroku se kolo upevní do speciálního stroje a začne se zahřívát na teplotu okolo 300-350 °C [55].



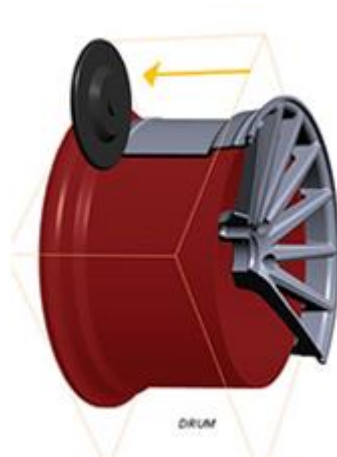
Obrázek 36: Flow Forming krok č. 1 [65]

Upevněné kolo začne rotovat velkou úhlovou rychlostí kolem své osy a vysokotlaký lis za působení vysokých teplot postupně modeluje tvar ráfku směrem od disku k druhému konci ráfku.



Obrázek 37: Flow Forming krok č. 2 [65]

Na obrázku níže lze vidět, jak se postupně ztenčuje tloušťka ráfku a zároveň se zvětšuje jeho šířka, čímž se dosahuje kýženého tvaru. Působení obrovského tlaku má za následek značné zlepšení struktury zrn hliníkové slitiny.



Obrázek 38: Flow Forming krok č. 3 [65]

Výsledkem je kolo, které je prakticky mixem litého a kovaného kola. Disková část je vyrobena odléváním a tudíž má i stejné materiálové vlastnosti jako kola litá. Zatímco ráfek vytvarovaný technologií flow forming se svými vlastnostmi a strukturou materiálu blíží kolům kovaným. Tato kola jsou tedy lehčí a mají větší pevnost než litá kola.



Obrázek 39: Flow Forming krok č. 4 [65]

4.4.2 Magnéziová

Moderní magnéziová kola se vyrábí ze slitiny, která je známá také pod názvem elektron. Tato slitina obsahuje minimálně 90 % hořčíku, zbylých 10 % je tvořeno převážně hliníkem (8,3 % - 9,7 %) a dalšími stopovými prvky (Mn, Si, Cu, Ni) [66].

Magnéziová kola jsou v současnosti používána převážně u supersportovních vozů a ve vrcholových závodních sériích jakými jsou např. Formule 1 a Moto GP. Nutno však podotknout, že nejsou žádnou žhavou novinkou. U sportovních automobilů byla populární hlavně v 60. letech 20. století, ale kvůli nízké odolnosti proti korozi a vysoké hořlavosti od nich postupně výrobci začali upouštět. Díky pokročilému vývoji, už současná magnéziová kola těmito zásadními nedostatky netrpí. [67]

Dnešní magnéziová kola se vyrábí buď jako litá nebo kovaná. Druhá zmíněná vykazují samozřejmě lepší parametry. Postupy výroby jsou de facto stejné jako u kol z hliníkových slitin, ale magnéziová kola jsou ještě lepší než hliníková kovaná kola. Mezi hlavní výhody se řadí vysoká pevnost, schopnost pohlcovat vibrace a fakt, že jsou o 20 % až 25 % lehčí než srovnatelná hliníková kola. Další obrovskou výhodou je jejich skvělá tepelná vodivost, díky které se rychleji odvádí teplo uvolněné při brzdění, a tím se prodlužuje životnost brzd a tlumičů. Všechny výše zmíněné vlastnosti výrazně zlepšují jízdní vlastnosti automobilů, dynamiku jízdy a snižuje spotřebu paliva. Hmotností porovnání běžných kol s deseti paprsky a o velikosti 20 palců z oceli, hliníku a magnézia je na následující tabulce. [68]

Tabulka 3: Hmotnostní porovnání kol z oceli, hliníku a magnézia [69]

	Magnéziová	Hliníková	Ocelová
Litá kola	10,2 kg	13,5 kg	17 kg
Kovaná kola	7,4 kg	9,3 kg	-

5 Materiály pro výrobu litých kol z hliníkových slitin

Už samotný název „Al kola“ vypovídá o jejich složení. Avšak vlastnosti čistého hliníku jsou pro konstrukční účely nevyhovující. Z tohoto důvodu se pro výrobu odlitku používají především slitiny hliníku.

5.1.1 Hliník

Hliník, je lehký, šedý kov. Je velmi reaktivní, a proto se v přírodě vyskytuje pouze ve sloučeninách. Nejdůležitější je bezesporu bauxit, dále pak kryolit a korund. Z bauxitu Al_2O_3 se hliník získává pomocí průmyslové elektrolýzy. Pro jeho vlastnosti jako jsou kujnost, dobrá elektrická vodivost, chemická odolnost a nízká hmotnost se hliník využívá v mnoha průmyslových odvětvích. Používá se jako vodič, dále slouží k výrobě předmětů denní potřeby, kovů pomocí aluminotermie a v neposlední řadě k výrobě slitin. Slitiny se používají proto, že čistý hliník má poměrně malou pevnost. [70]

5.1.2 Al slitiny pro výrobu litých kol

Ve slitinách je základním prvkem vždy hliník, jako hlavní přísadové prvky jsou nejčastěji používány křemík, měď nebo hořčík. Slitiny s křemíkem jsou známé pod názvem siluminy. Termínem duraluminia jsou nazývány slitiny s mědí a slitiny s hořčíkem jsou označovány jako hydronalia.

Nejčastěji používanými slitinami jsou právě slitiny Al-Si, které mají v celkové produkci zastoupení až 90 %. Konkrétně se jedná o slitiny AlSi_7Mg nebo $\text{AlSi}_{11}\text{Mg}$. Vyšší obsah křemíku má za následek zvýšení zabíhavosti (zmenšuje se součinitel stahování a sklon ke vzniku mikrostaženin), nižší riziko vzniku trhlin za tepla a prasklin za studena, zlepšení kluzných vlastností a odolnosti proti otěru, zmenšení tepelné roztažnosti a zvýšení korozní odolnost.

5.1.3 Další slitinové prvky

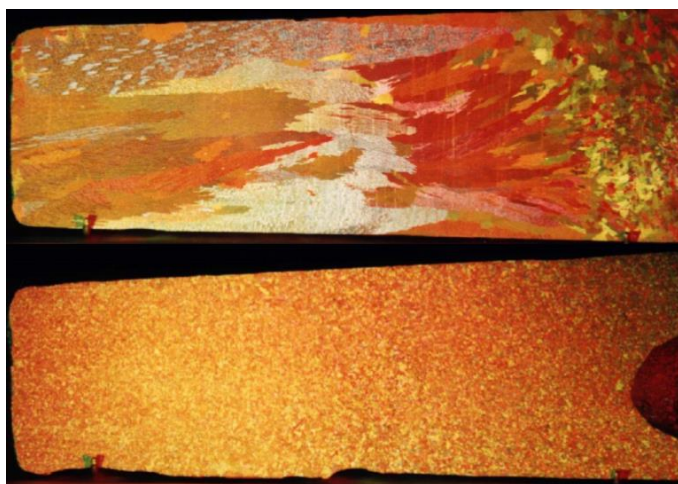
Ve slitinách se do jisté míry vyskytují i další prvky. Měď zlepšuje mechanické vlastnosti, obrobiteľnosti, ale zhoršuje korozní odolnost – při obrábění vzniká krátká, snadno lámavá tříška. Obráběný povrch je však kvalitní a hladký. Hořčík obecně zlepšuje vlastnosti slitiny, Mg_2Si – důležitá fáze pro vytvrzování. Železo představuje riziko zhoršení mechanických vlastností tvorbou „jehlic FeAl_3 “. Mangan zmírňuje negativní účinek železa. Cín představuje nečistotu a způsobuje křehnutí. Titan zpevňuje, zvyšuje žárupevnost a využívá se jako očkovač.

5.1.3.1 Ovlivňování struktury

Morfologii struktury slitin Al-Si ovlivňujeme z důvodu zlepšení jejich mechanických vlastností (mez pevnosti v tahu a kluzu, tažnost, houževnatost), které závisí na velikosti zrna.

5.1.3.1.1 Očkování

Očkováním rozumíme zjemnění primárních krystalů Al (α) a Si (β), ovlivnění pevnostních vlastností. Velikost zrn primární fáze je jedním z důležitých parametrů. Rozhodují o vlastnostech hliníkových slitin. Očkujeme přidáním titanu a boru. Zjemnění zrna se projeví zlepšením mechanických i mnoha technologických vlastností: zvýšením pevnosti a tažnosti, snížením sklonu slitiny ke vzniku trhlin, menší pórovitostí odlitků, zvýšením těsnosti odlitků, lepší obrobiteľností, zlepšením kvality povrchu po anodické oxidaci. V horní části obrázku vidíme neočkovaný odlitek, zatímco spodní odlitek s jemnější strukturou je očkován titanem a borem (5Ti-1B) [71].



Obrázek 40: Očkování [71]

5.1.3.1.2 Modifikace

Modifikace se provádí za účelem zjemnění eutektika ($\alpha + \beta$) a ovlivnění jeho plastických vlastností. Provádí se přidáváním solí (Na, Sr, Sb, Ca, Ba, Te).

5.1.3.2 Vlastnosti Al slitin

Důležité vlastnosti pro výběr Al slitiny jsou:

- Technologické vlastnosti – souvisí se způsobem výroby součástí
 - slévárenské vlastnosti
 - zabíhavost slitiny – vlastnost, která udává schopnost tekutého kovu zaplňovat dutinu formy

- sklon ke vzniku staženin nebo ředin – charakterizuje objemový úbytek kovu během tuhnutí a tendenci ke vzniku (vnitřních nebo vnějších) staženin
- sklon k naplynění taveniny a ke vzniku plynových dutin v odlitcích – je charakterizován rozpustností plynů v tekutém stavu
- sklon ke vzniku trhlin – je schopnost odolávat napětí, které vzniká vlivem smršťování v oblasti teplot tuhnutí a během ochlazování
- obrobiteľnosť
 - daná kombinací velikosti obráběcích sil, charakteru třísek, kvality obrobeného povrchu a životnosti ostří obráběcích nástrojů
- odolnosť proti korozi
 - indikuje schopnost odolávat chemickému působení plyných nebo kapalných prostředí
- nepropustnosť
 - schopnost bránit pronikání tlakového média – plynu nebo kapaliny skrze stěny odlitku
- svařitelnost, leštitelnost, možnost povrchové úpravy apod.
- Mechanické vlastnosti
 - pevnost v tahu při normální teplotě
 - mez kluzu (mez $R_{p0,2}$)
 - tažnost
 - tvrdost

Slitiny dále nabízí možnost tepelného zpracování, při kterém se zlepšují mechanické vlastnosti odlitků z Al, protože dojde ke snížení vnitřního pnutí v odlitcích a k ovlivnění jejich struktury. Tepelným zpracováním se také podstatně zvýší mez kluzu ($R_{p0,2}$), mez pevnosti (R_m), tvrdost (HB) a tažnost (A_5) se obvykle snižuje.

Tepelné zpracování se skládá z následujících etap:

- Rozpouštěcí žíhání (solution) – získáváme homogenní tuhý roztok $\alpha(\text{Al})$
- Rychlé ochlazení (quench) – vzniká přesycený tuhý roztok $\alpha(\text{Al})$
- Precipitační vytvrzování (aging) – dochází k tvorbě precipitátů a zpevnění struktury

6 Výroba litých Al kol

Proces výroby Al kola je velmi sofistikovaný a v České republice existuje několik továren zabývajících se jejich výrobou. Ty dále spolupracují s předními automobilkami a dodávají lité disky pro jejich vozidla. Celé kolo vzniká v několika krocích. Jednotlivé kroky jsou velmi pečlivě naplánovány tak, aby byla zaručena co nejvyšší kvalita výrobků a maximalizována produkce. V zásadě jsou tři hlavní stanoviště. Slévárna, obrobna a lakovna. Tyto fáze na sebe navazují a dále se dělí na další jednotlivé úkony.

6.1 Proces slévárny

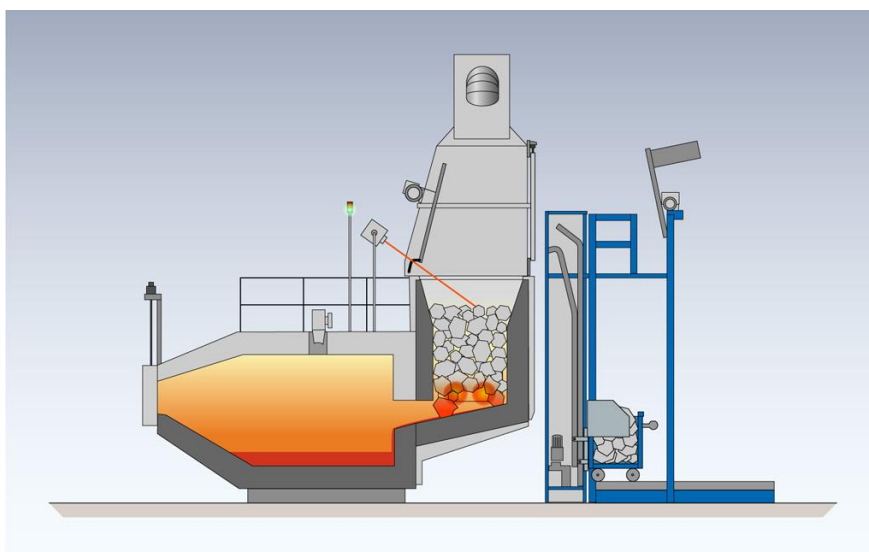
Slévárna je úplně první krok. Výsledkem je neobrobený odlitek kola.

6.1.1 Vstupní materiál

Jako vstupní materiál se používají nejčastěji tzv. siluminové housky, kola, která neprošla výstupní kontrolou a tedy nesplňují požadavky na kvalitu, a špony z obrobny.

6.1.2 Tavení

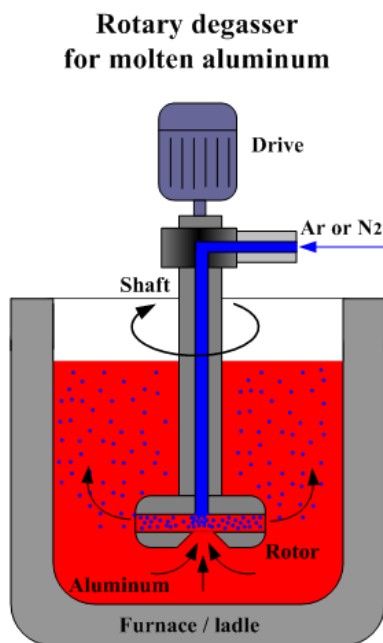
Pro tavení se využívají šachtové pece. Jsou založeny na principu protiproudého výměníku tepla. U tohoto typu pecí se vsázka dopravuje zavážečím zařízením do šachtice pece. Zde se odpařuje vlhkost a případné organické nečistoty vyhoří. Ve spodní části šachtice je tavicí zóna. Zde se vsázka natavuje a roztavený kov odtéká do udržovací komory. Pec je vyzděna žáruvzdornými materiály a vnější izolační vrstvou, která zajišťuje minimální tepelné ztráty. Skládá se ze zavážečeho výtahu, šachty s tavicími hořáky, udržovací komory s udržovacím hořákem a odpichovým otvorem. Velkou předností tohoto typu pecí je, že vsázka se postupně přehřívá a v žádném případě se vlhké, nebo znečištěné vsázkové suroviny nemohou dostat přímo do roztaveného kovu.



Obrázek 41: Tavicí pec [72]

6.1.3 Odplynění

Po roztavení je hliník přelit do transportní lící pánve a musí podstoupit proces odplynění. Princip spočívá v zavedení plynného dusíku, který je pomocí rotoru přidáván do taveniny. Hlavním důvodem odplyňování je potřeba odstranění přebytečných bublin vodíku.



Obrázek 42: Odplynění [73]

6.1.4 Rafinace

Rafinační fáze je fáze čištění neboli snižování obsahu vměstků. Oxidické vměstky v tavenině vytvářejí obálku kolem částic nezreagovaného hliníku, což představuje ztrátu kovu ve struse. Je několik možností, jak ji provést. Taveninu můžeme nechat odstát, vynášet vměstky plynovými bublinami, zachytávat vměstky mechanickým filtrem nebo využít rafinačních solí. Rafinační sůl rozrušuje oxidickou obálku, a tak uvolňuje nezreagovaný kov zpět do lázně. Sůl se v tavenině roztaví a obklopí oxidy. Jelikož je lehčí, tak je vynese na hladinu kovu, ze které se mechanicky odstraní. V tavenině zůstane pouze uvolněný hliník a zamezí se ztrátám. Takto upravená slitina je připravena pro výrobu kola.

6.1.5 Transport taveniny

Tavenina je dále zapotřebí přepravit k lícím strojům

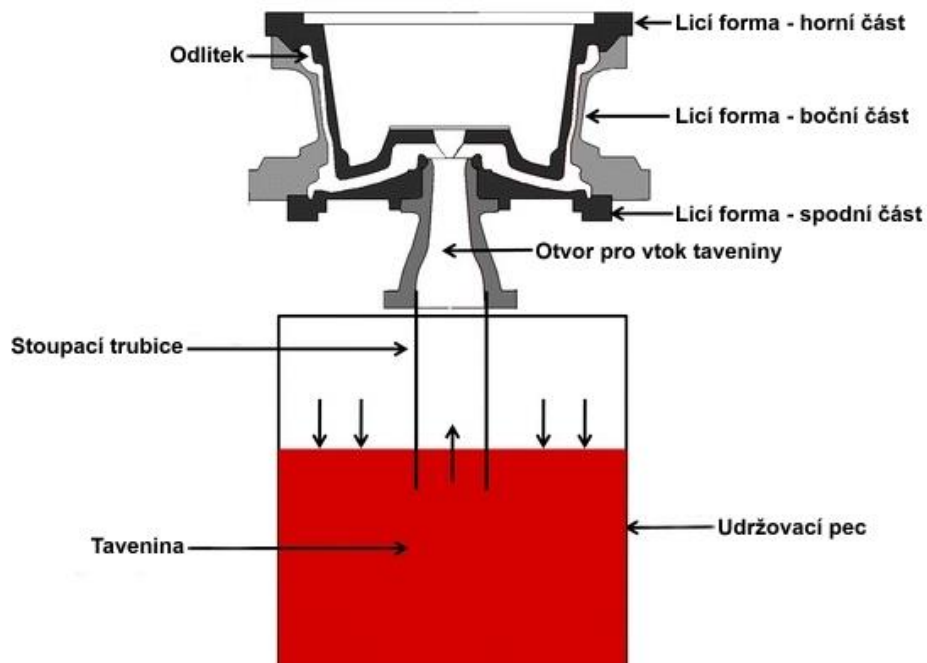
6.1.6 Dolévání taveniny do udržovacích pecí lících strojů

Po transportu se musí udržet na vysoké teplotě, aby bylo možné provést následné odlévání.

6.1.7 Odlévání kol

Samotné odlévání probíhá na principu nízkotlakého lití. Tavenina je ve spodní části lícího stroje, v tzv. udržovací peci. Následně působením tlaku vtéká kov do lící formy pro odlitek. Kov

se doplňuje kontinuálně a odlitek postupně tuhne. Přetlak se udržuje po celou dobu tuhnutí odlitku. Tato technika lití zabraňuje vzniku nežádoucích vzduchových bublin v odlitku. Po ztuhnutí se přetlak zruší a kov ze stoupačkové trubice samovolně vyteče zpět do udržovací pece.



Obrázek 43: Nizkotlaké lití [74]

Licí forma se skládá z několika částí. Horní a spodní díly formy jsou vyrobeny z nástrojové oceli, zatímco boční části (čelisti), jsou z litiny.



Obrázek 44: Licí forma [75]

6.1.8 Rentgen

Následně je zapotřebí zkontrolovat, zda je odlité kolo naprosto v pořádku, zda neobsahuje skryté vady v materiálu. K tomuto účelu se používá rentgenová kontrola, která by případné nedostatky objevila.



Obrázek 45: Rentgenová kontrola [76]

6.1.9 Odstranění vtoku

Po rentgenové kontrole ještě zbývá odstranit vtok, který se nachází v místě, kudy materiál do licí formy vniká. Vtok je tedy hliníkový váleček v náboji kola. Odstraňování se provádí roboticky.

6.1.10 Žihání

Žihání kol je tepelné zpracování, za účelem zlepšení jejich materiálových vlastností. Skládá se ze tří etap. Jako první se provádí rozpouštěcí žihání, při kterém dochází k ohřevu na 540 °C po dobu 210 minut. Následuje rychlé ochlazení ve vodě na 65 °C po dobu 22 sekund. Třetí a zároveň poslední fází je precipitační vytvrzování. Odlité kolo se opět zahřeje, a to na teplotu 150 °C po dobu 195 minut.

6.1.11 Převoz kol na obrobnu

Vyžíhané kolo je připraveno pro transport na obrobnu, kde následuje jeho další zpracování.

6.2 Proces obrobny

Proces obrobny spočívá v přípravě surového odlitku pro lakovnu.

6.2.1 Obráběcí centrum

Za pomoci robotického obráběcího stroje se kolo obrábí (zbavuje přebytečného materiálu) na požadované rozměry. Kolo se nejprve osoustruží na vnitřní části. Poté se vyvrtají šroubové

otvory a otvor pro ventilék. Následně se ještě obrobí vnější část ráfku. Nakonec se provede kontrola nevyváhy, protože rozložení materiálu po celém ráfku musí být rovnoměrné. Kolo ji musí opět splnit na 100 %, jinak je označeno jako zmetkové.

6.2.2 Odjehlení

Obráběcí stroj sice opracuje kolo na požadované rozměry, ale hlavně na hranách může zanechat ostré výstupky, o které by se mohl v budoucnu někdo zranit nebo by se mohly stát prvotním místem koroze. Z těchto důvodů se kolo musí tzv. odjehlít za pomoci odjehlovacího stroje. Ten se skládá z rotačních ocelových štětín a zbaví kolo ostrých částí. Výsledek procesu musí být opět 100 %, a proto následuje ještě kontrola zaměstnancem a případné ruční odjehlení.

6.2.3 Myčka

V myčce se kola dále připraví. Zbaví se veškerých nečistot a osuší se.

6.2.4 Kontrola těsnosti

Kola samozřejmě musí být schopna udržet konstantní tlak v pneumatice. Proto se musí zkontrolovat jejich těsnost. Kolo se umístí do zvonu tak, aby se pohledová část ramínkem dotýkala vrchní stěny zvonu a spodní část ráfku spodní stěny. Následně se zvon natlakuje heliem a sleduje se, jestli ráfek nepropustí částice do vnitřní části.

6.2.5 Tryskací stroj

Aby se zlepšila přilnavost laku, provádí se tzv. otrysk kol, během kterého jsou kola vystavena proudu chromniklových kuliček, které nepatrně zdrsňují povrch.

6.2.6 Převoz kol na lakovnu

Takto připravená kola se mohou převést na lakovnu, kde podstoupí finální fázi procesu výroby

6.3 Proces lakovny

Během lakování se kolu dodá ochrana vůči korozi a konečný vzhled.

6.3.1 Navěšování

Kola je zapotřebí navěsit na podvěsný dopravník, na kterém poté projíždějí jednotlivými úseky výroby.

6.3.2 Chemická předúprava

Navěšená kola podstupují předúpravu. Jako první se musí odmastit. Poté se deoxidací odstraní oxidy z povrchu a pasivací se zamezí další oxidaci.

6.3.3 Zakrytí šroubových otvorů

Aby se během lakování nezalepily šroubové závity, musí se do vyvrtaných děr ručně umístit krytky proti zatékání laku.

6.3.4 Aplikace práškového základu

Na kola se aplikuje práškový základ. Jeho barva je buď černá nebo šedá. Opráškováná kola prochází vytvrzovací pecí, kde dojde k nezbytnému vytvrzení prášku a následně chladícím tunelem.

6.3.5 Aplikace barvy

Dalším krokem lakování je nanesení finální barvy, dle požadavků zákazníka. Nejčastěji to jsou odstíny stříbrné nebo černé.

6.3.6 Aplikace transparentního laku

Poslední vrstvou laku je průhledný neboli transparentní lak, který dodá kolu výslednou podobu. Následuje ještě sušení, vytvrzení a ochlazení v chladícím tunelu.

7 Vliv designu kola na vzhled automobilu

Moderní kola osobních automobilů, se kterými se setkáváme v běžném provozu, jsou dnes, díky jejich propracovanosti, jedním z poznávacích znaků automobilek. S trochou nadsázky se dá říci, že kolo dělá auto, protože jeho design má obrovský vliv na celkový vzhled automobilu. Na trhu existuje nepřeberné množství kol, které se liší nejen počtem a tvarem paprsků, ale i barvou a velikostí. Všechny tyto vlastnosti výrazně ovlivňují výslednou podobu automobilu ať už v pozitivním nebo negativním smyslu. Z toho důvodu by měl vzhled kola korespondovat s designem automobilu a pokud možno jej vhodně doplňovat. Jednotlivé automobilky jsou si toho moc dobře vědomy a ve své nabídce mají desítky typů kol, z nichž každé je určeno pro daný typ automobilu. V této kapitole se snažím pomoci skic demonstrovat to, jak kola ovlivňují celkový vzhled automobilu a také, že kolo vypadající dobře na jednom typu už se nemusí svým designem hodit k jinému modelu a to i v rámci jedné značky.

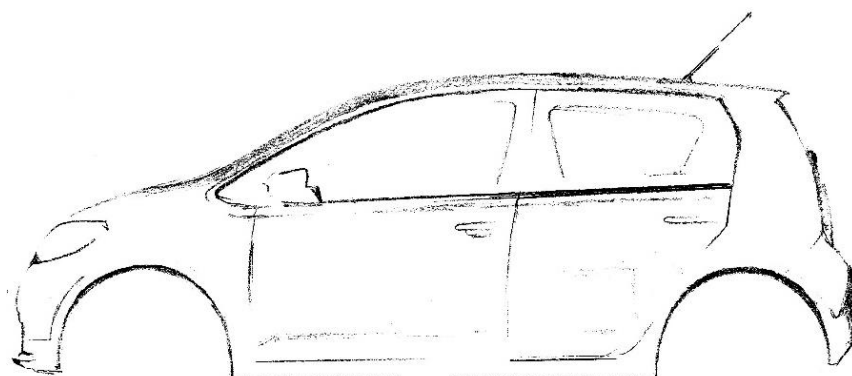
7.1 Vybrané příklady

Vzhledem k enormnímu množství aut a kol se zde soustředím pouze na velmi úzkou oblast automobilů. Pro účely porovnání jsem si vybral tři vozy Škoda ze současné produkce značky, které spadají do rozdílných tříd. Konkrétně se jedná o malý městský model Škoda Citigo v pětidveřovém provedení, sportovně laděné kombi Škoda Octavia Combi RS a nové sportovní užitkové vozidlo Škoda Kodiaq. Dle katalogu mladoboleslavské automobilky ke každému vozidlu patří pouze určité druhy kol z jejich produkce a není možné je kombinovat. Zároveň bývá zvykem, že každá automobilka osazuje modely pro prezentaci veřejnosti těmi koly, které na vozidlo pasují nejlépe. Vše je samozřejmě odvislé nejen na modelu, ale i na stupni výbavy. Je pak na koncovém zákazníkovi, jaké kolo si z daných variant pro svůj vůz zvolí. Jedním z kol, které se používají u modelu Citigo je hliníkové lité kolo Auriga. Toto na první pohled jednoduché kolo s osmi paprsky se upevňuje pomocí čtyř šroubů. Při bližším prozkoumání si však můžeme všimnout rozšířených konců čtyř paprsků, které narušují jednotvárnost a vnášejí do designu kola dynamicky působící prvek.

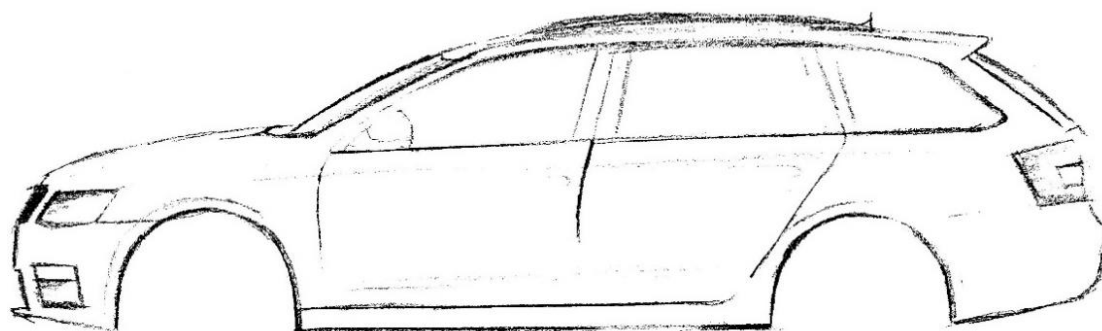


Obrázek 46: Auriga [77], X-Trem [78], Vega [79]

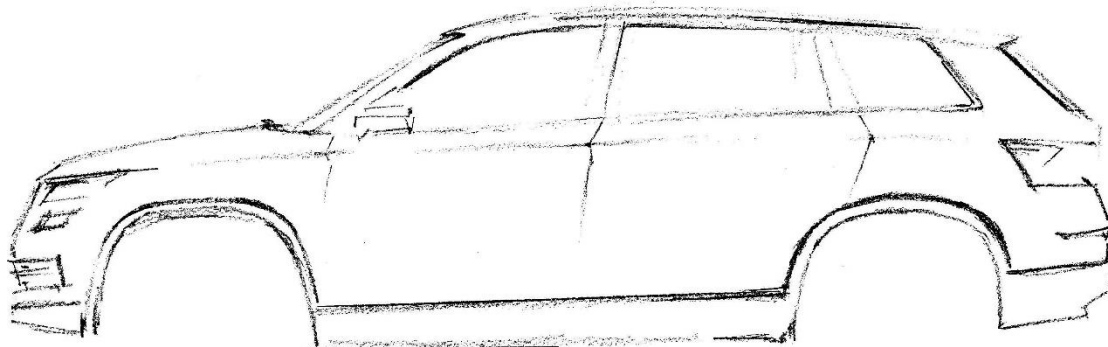
Pro model Octavia Combi RS je typické hliníkové kolo X-Trem. Toto desetipaprskové kolo s uchycením pomocí pěti šroubů se vyznačuje agresivními tvary, které korespondují s ostře řezanými liniemi vozu. Zajímavým designovým prvkem je kombinace černě lakovaných a broušených částí paprsků, které opticky tvoří pět otvorů a potlačují samotné paprsky. U nového SUV Kodiaq se nejčastěji setkáme s hliníkovým kolem Vega s deseti paprsky a pěti šroubovými otvory. Designéři i u tohoto kola použili moderní kombinaci černě lakovaných a čelně broušených částí, která zde vytváří vzor ve tvaru písmen V, které jsou spojeny tenkou linií po obvodu ráfku. Na následujících stranách jsou mnou vytvořené jednoduché skicy tří výše zmíněných automobilů - Citigo 5D, Octavia Combi RS a Kodiaq s různými variantami kol a krátkými popisy a postřehy.



Obrázek 47: Škoda Citigo 5D [tvorba autora]



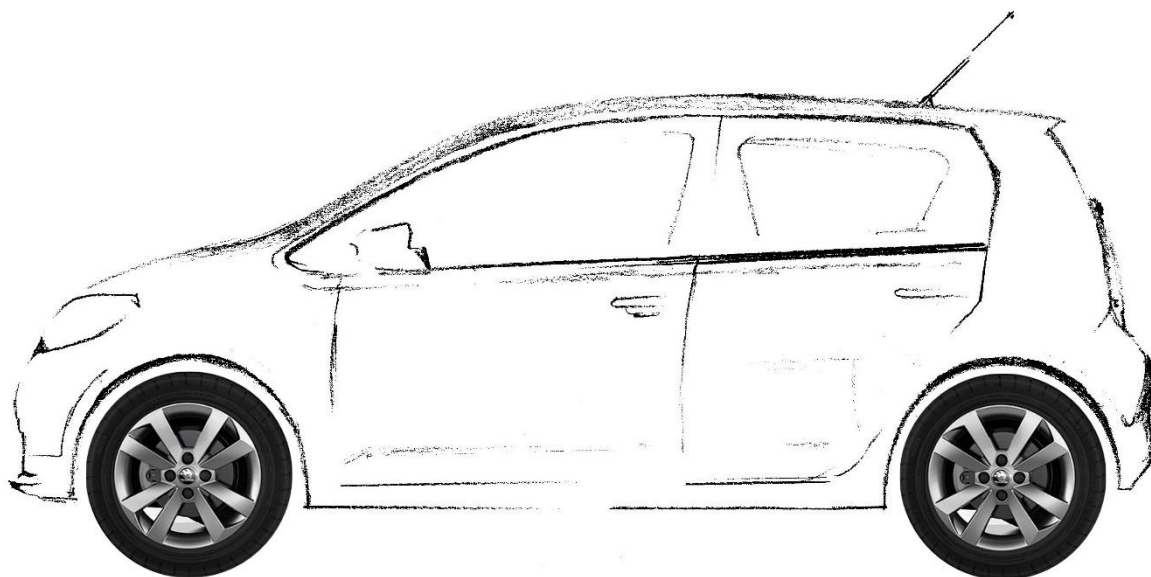
Obrázek 48: Škoda Octavia Combi [tvorba autora]



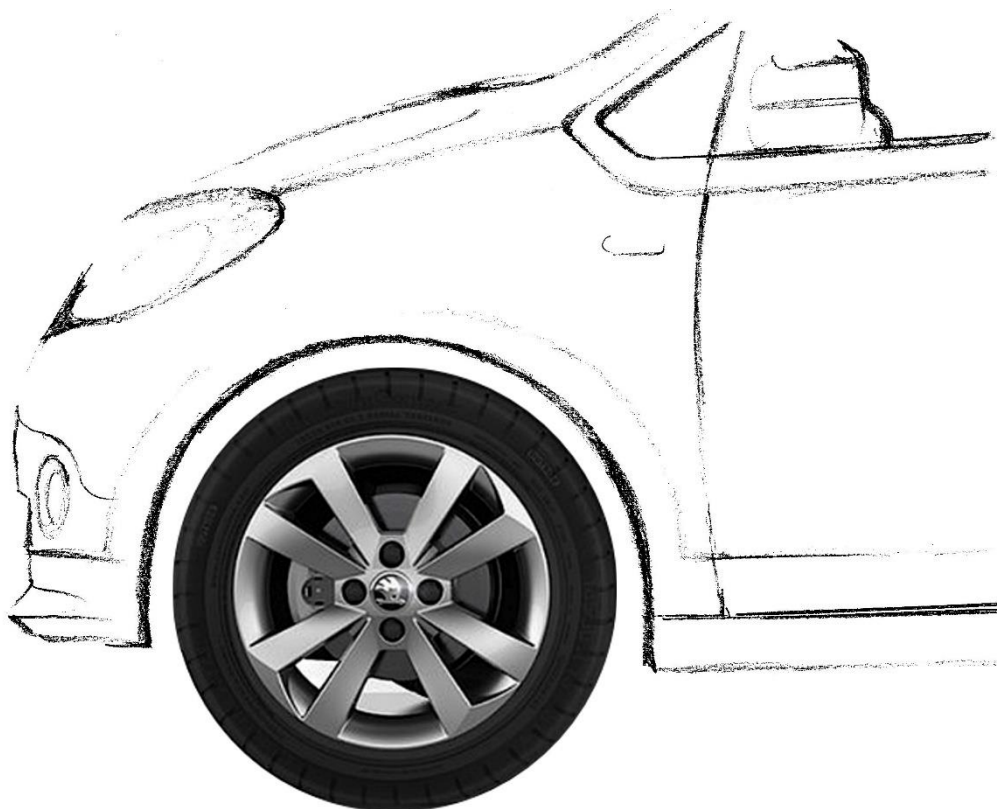
Obrázek 49: Škoda Kodiaq [tvorba autora]

7.1.1 Škoda Citigo 5D

Stříbrná kola Auriga patří mezi standardně nabízená kola pro modely Citigo. Díky jednoduchým tvarům s jasnými liniemi dotváří celkový vzhled automobilu a nijak ho nenarušují.

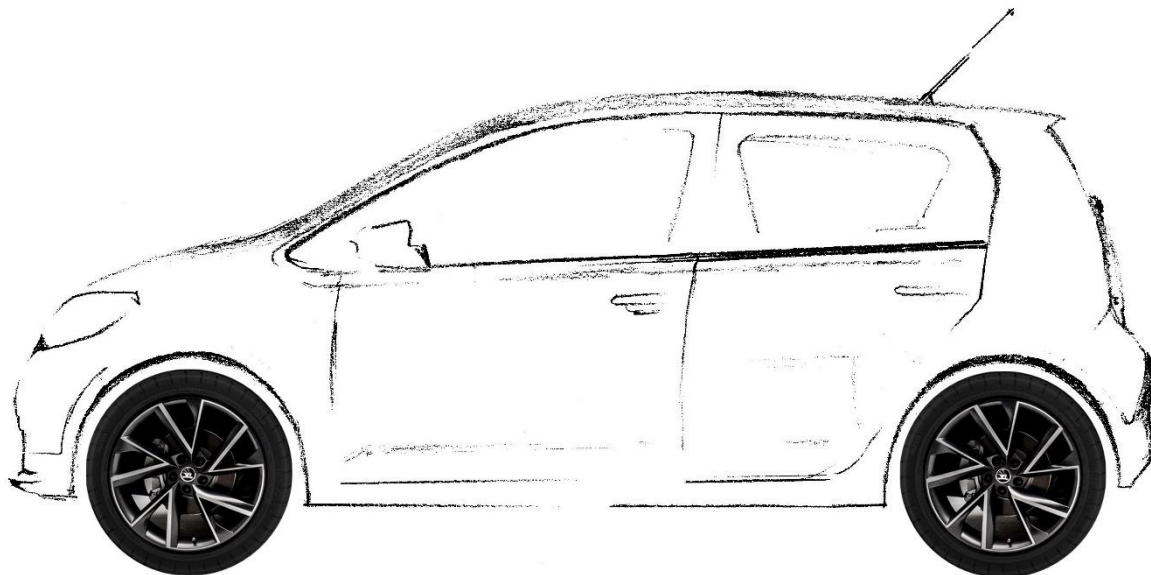


Obrázek 50: Škoda Citigo 5D, kolo Auriga

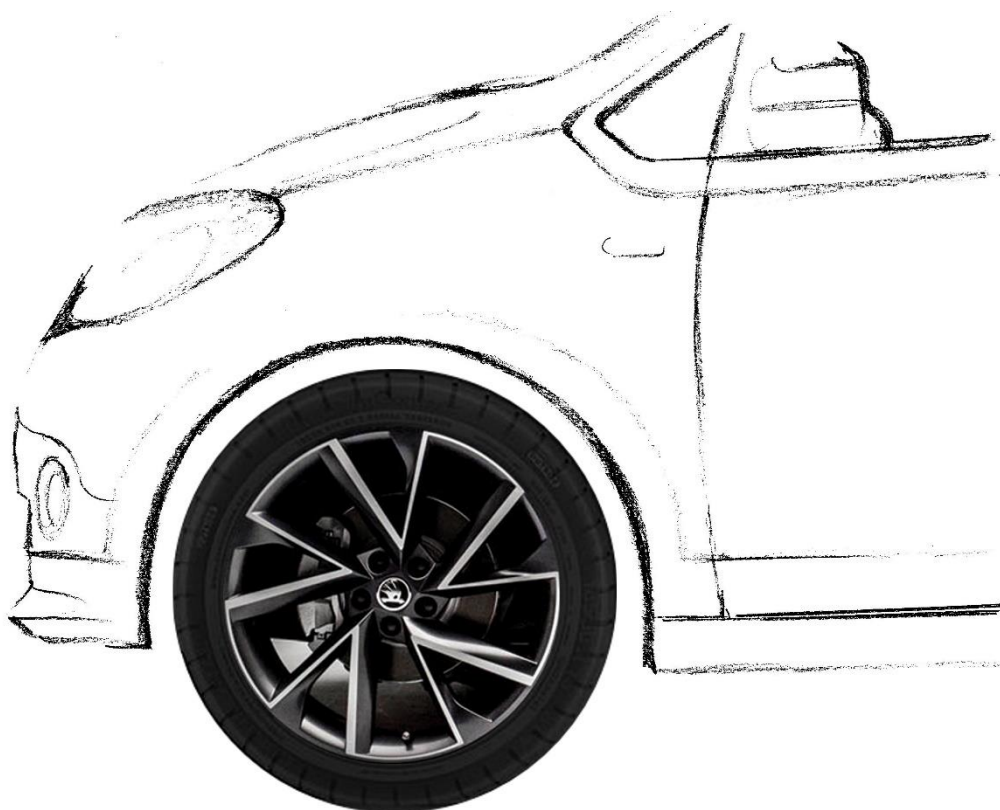


Obrázek 51: Škoda Citigo 5D, kolo Auriga

Antracitová desetipaprsková kola Vega s broušenými částmi, které vytváří na dynamicky tvarovaných paprscích vzor ve tvaru písmen V, jsou si v jistých detailech podobná s koly Auriga a ačkoli jsou primárně určena pro model Kodiaq, po designové stránce se hodí i k modelu Citigo.

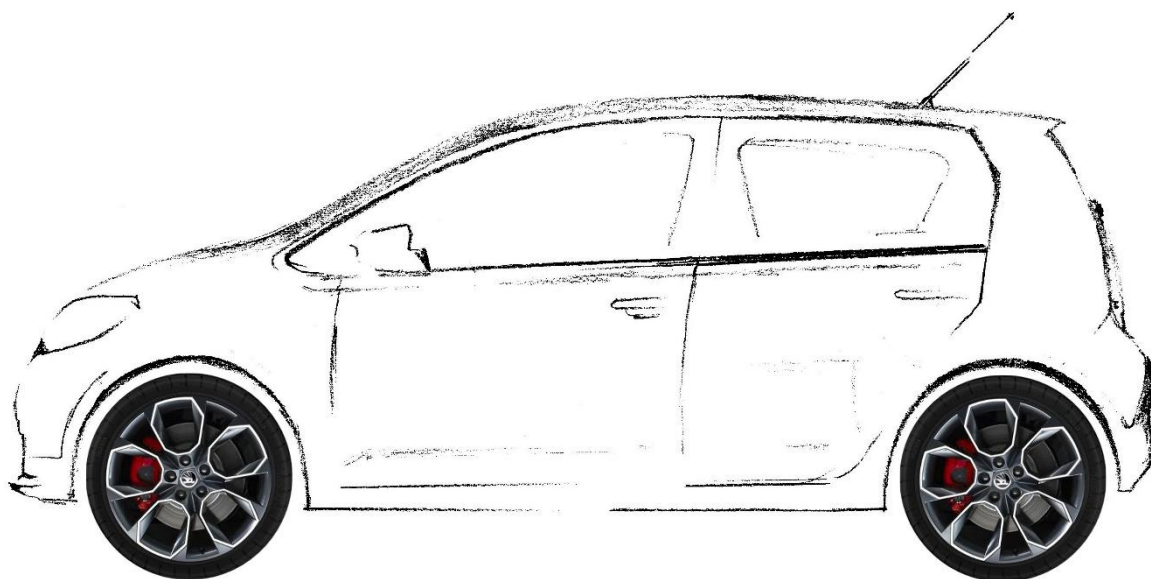


Obrázek 52: Škoda Citigo 5D, kola Vega

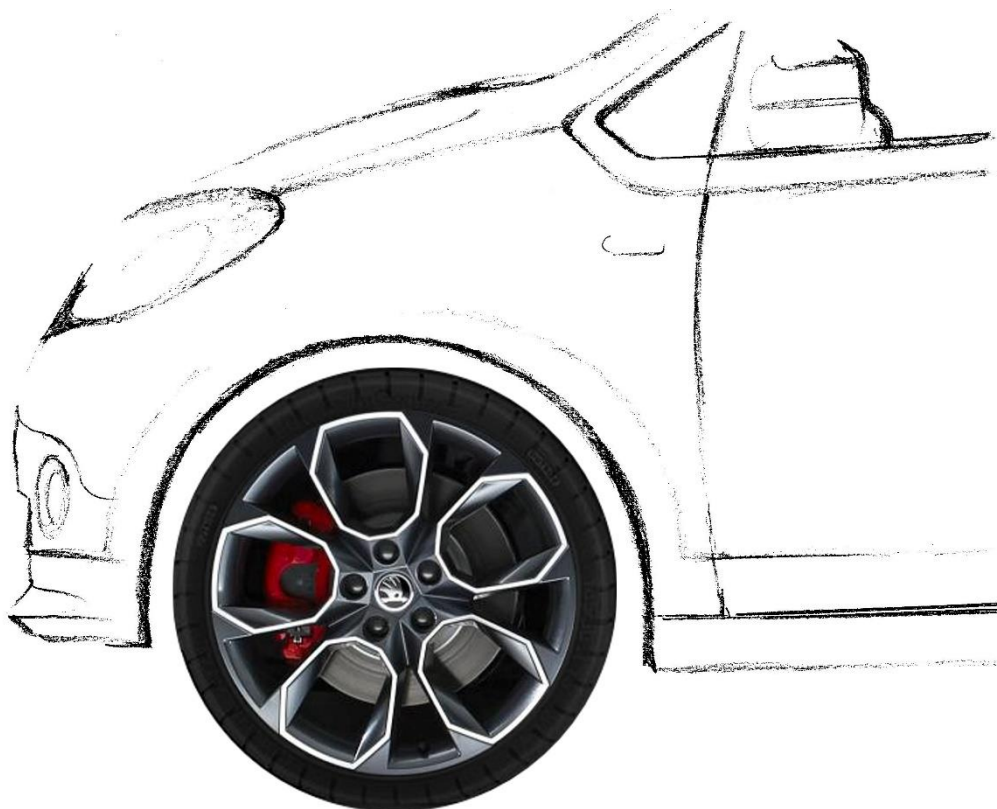


Obrázek 53: Škoda Citigo 5D, kolo Vega

Kola X-Trem z modelu Octavia RS se vyznačují deseti paprsky a černou metalickou povrchovou úpravou, která v kombinaci s broušenými plochami vytváří dojem pěti otvorů. Toto kolo působí agresivním dojmem, který je ne zcela v souladu s liniemi modelu Citigo.



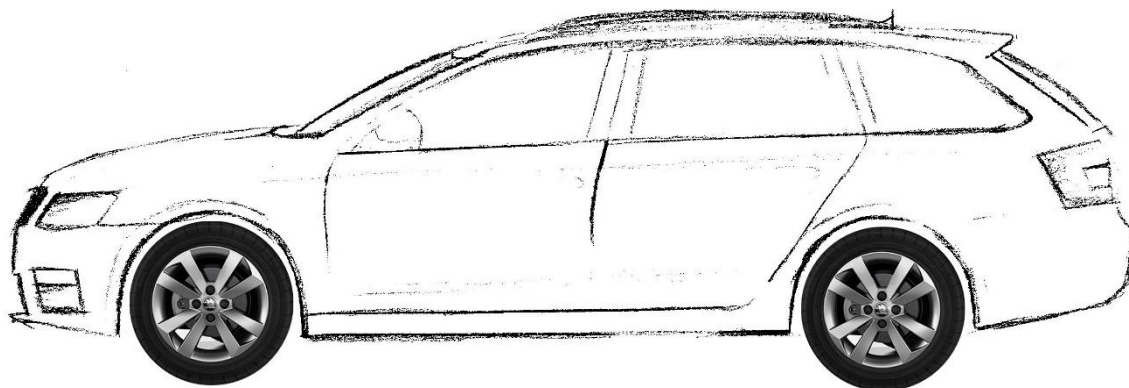
Obrázek 54: Škoda Citigo 5D, kola X-Trem



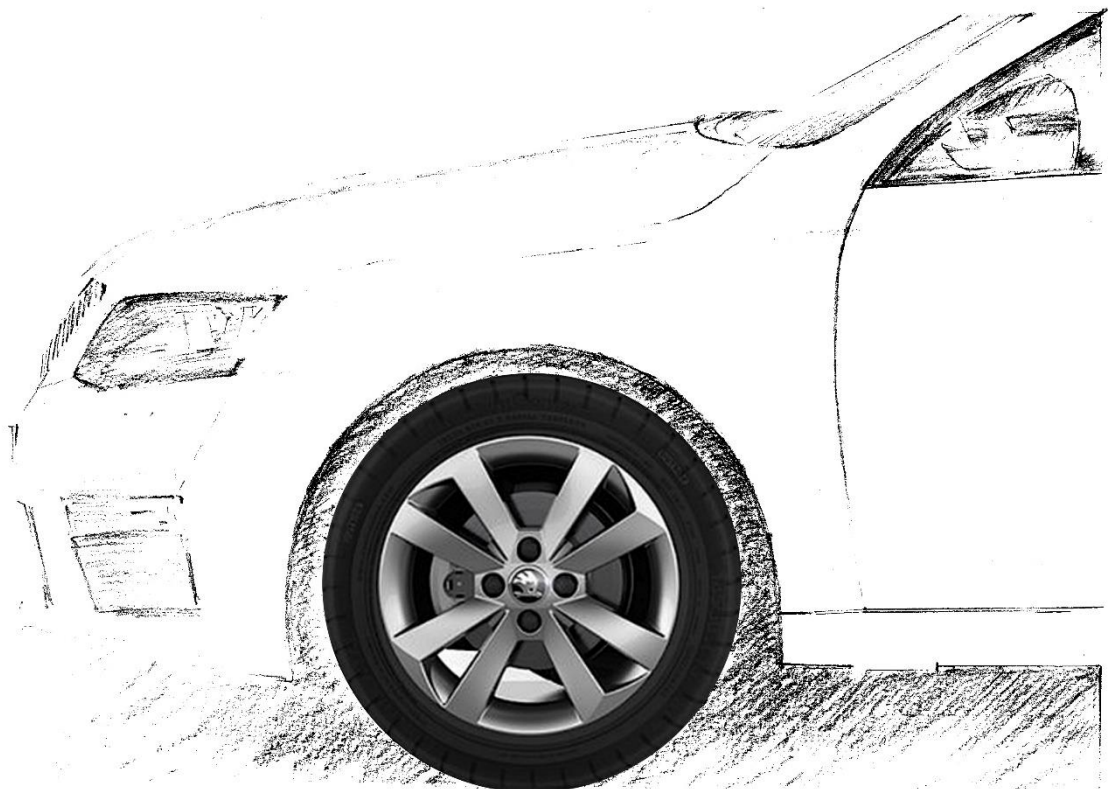
Obrázek 55: Škoda Citigo 5D, kolo X-Trem

7.1.2 Škoda Octavia Combi RS

Čtyřpaprsková kola Auriga o velikosti 15" svým jednoduchým designem působí na modelu Octavia Combi RS poněkud nevýrazným dojmem. Konzervativní design těchto kol ve spojení s tímto automobilem tak říkajíc nikoho neurazí, ale jednoduše nikoho nenadchne.

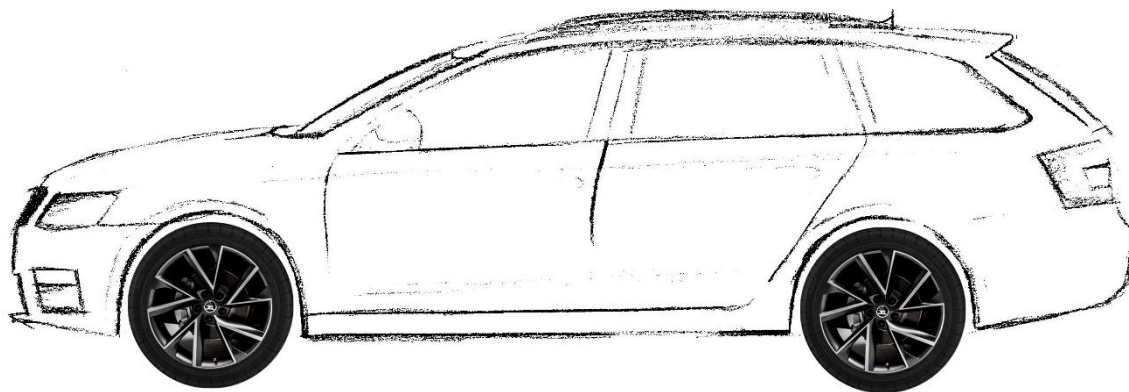


Obrázek 56: Škoda Octavia Combi RS, kola Auriga

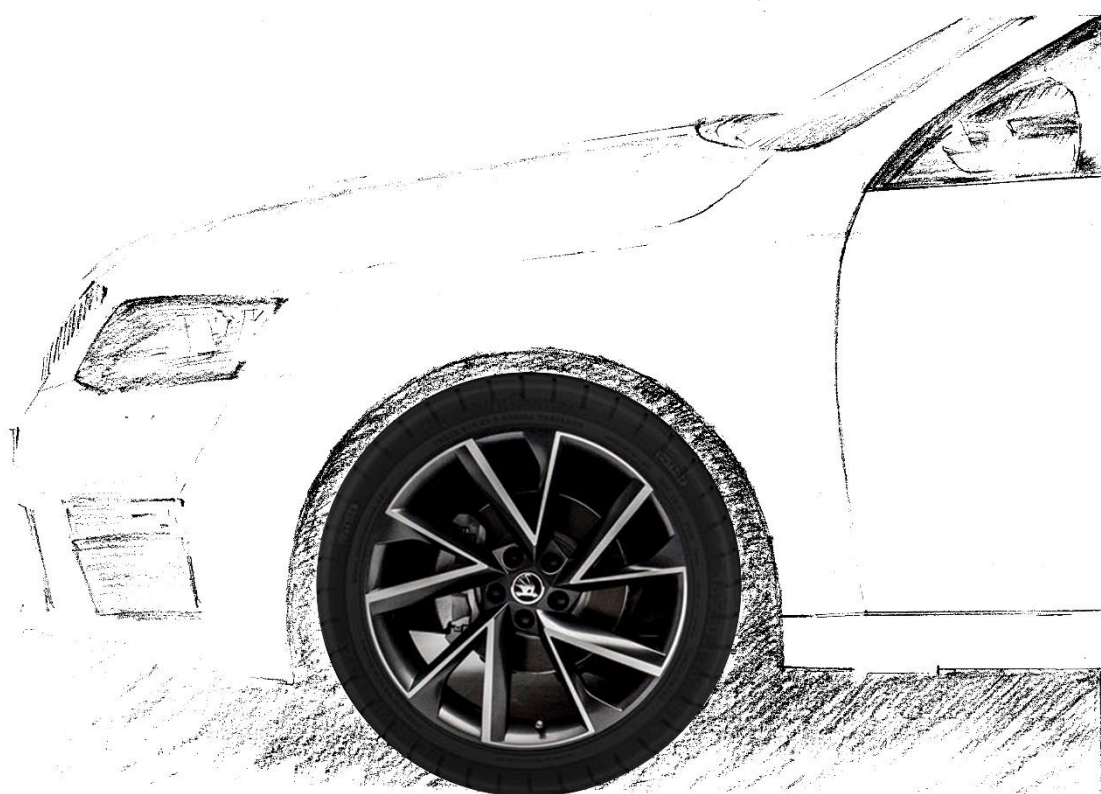


Obrázek 57: Škoda Octavia Combi RS, kolo Auriga

Antracitová desetipaprsková kola Vega s broušenými částmi, které vytváří na dynamicky tvarovaných paprscích vzor ve tvaru písmen V, jsou sice primárně určena pro model Kodiaq, ale díky ostřejším liniím se po designové stránce hodí i k modelu Škoda Octavia Combi RS.

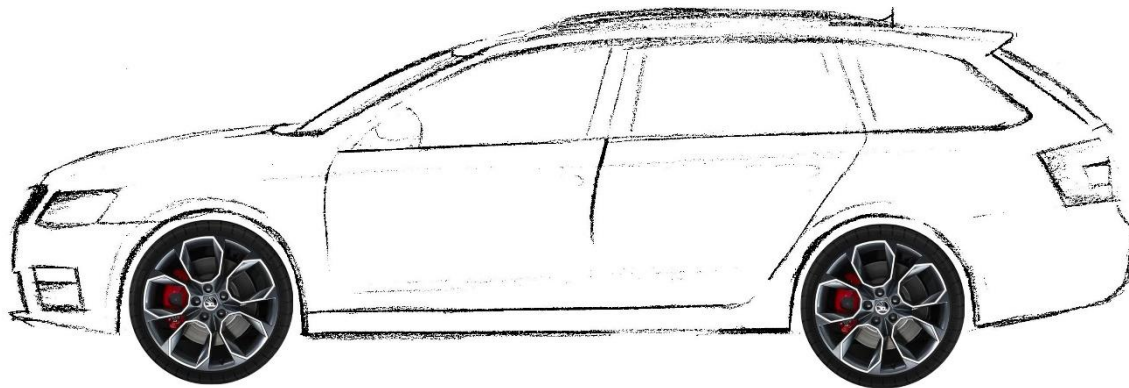


Obrázek 58: Škoda Octavia Combi RS, kola Vega

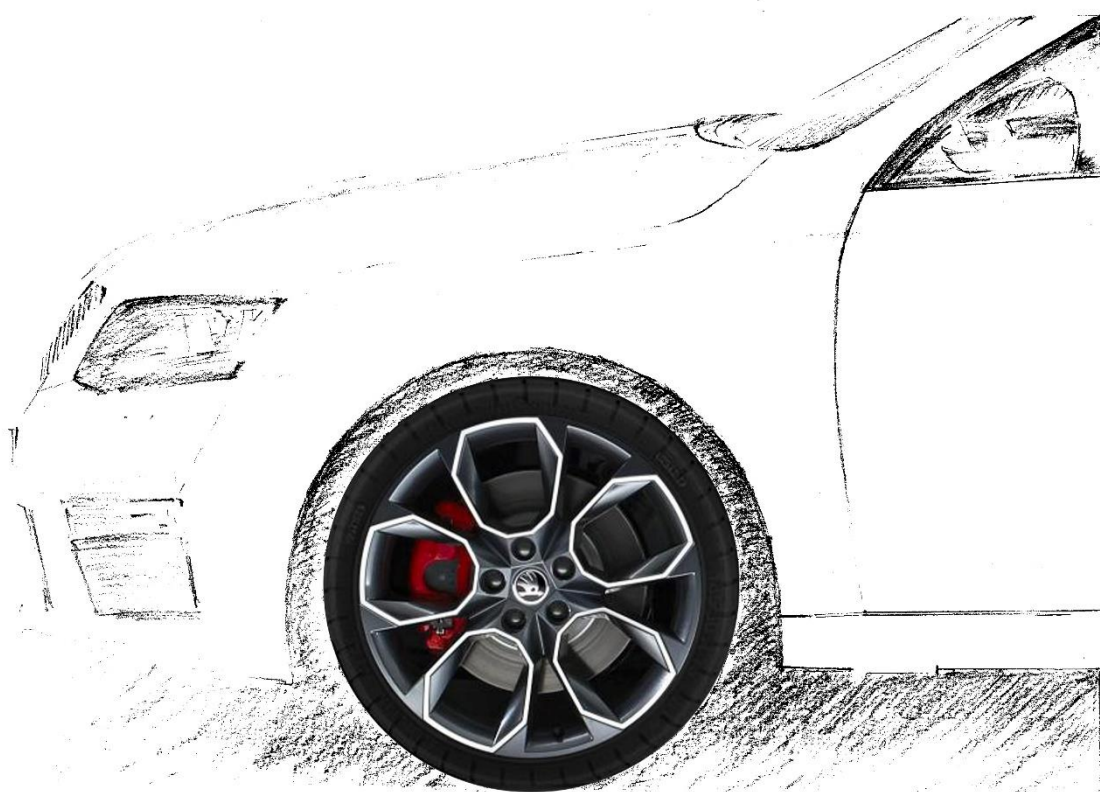


Obrázek 59: Škoda Octavia Combi RS, kolo Vega

Toto desetipaprskové kolo s uchycením pomocí pěti šroubů se vyznačuje krystalickým designem, který je pro současné vozy z Mladé Boleslavi tolik typický. Tvary kol korespondují s ostře řezanými liniemi vozu a podtrhují jeho sportovní charakter.



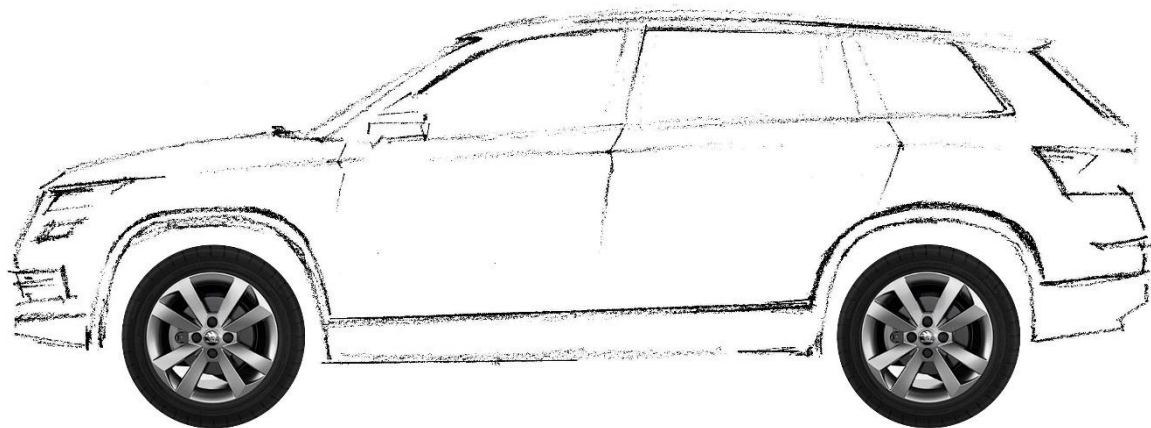
Obrázek 60: Škoda Octavia Combi RS, kola X-Trem



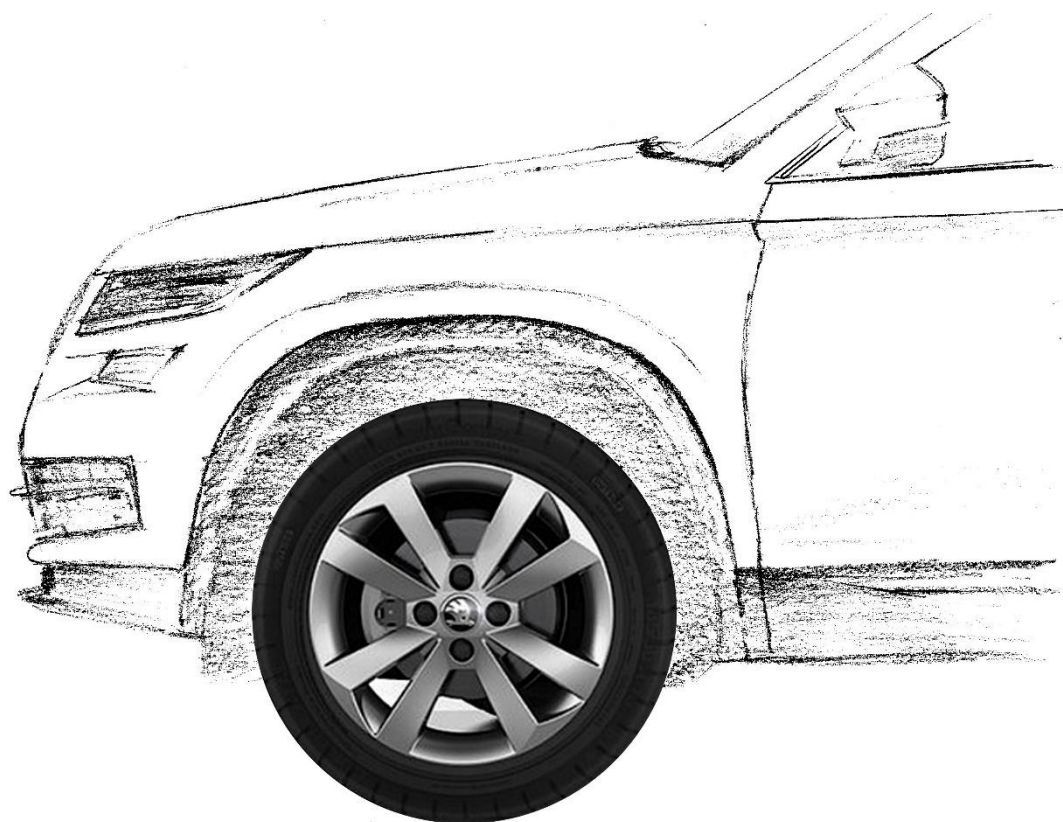
Obrázek 61: Škoda Octavia Combi RS, kolo X-Trem

7.1.3 Škoda Kodiaq

Hliníková kola Auriga díky svému konzervativnímu vzhledu a poměrně robustním paprskům designově ladí s karosérií tohoto prvního SUV značky Škoda. Nicméně se o nich nedá říci, že by vzhled automobilu výrazně zlepšovala.

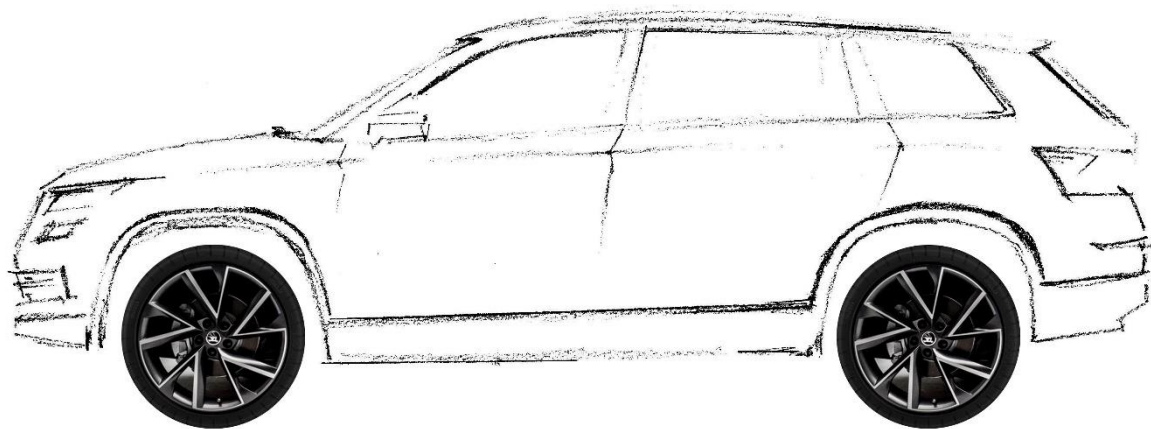


Obrázek 62: Škoda Kodiaq, kola Auriga

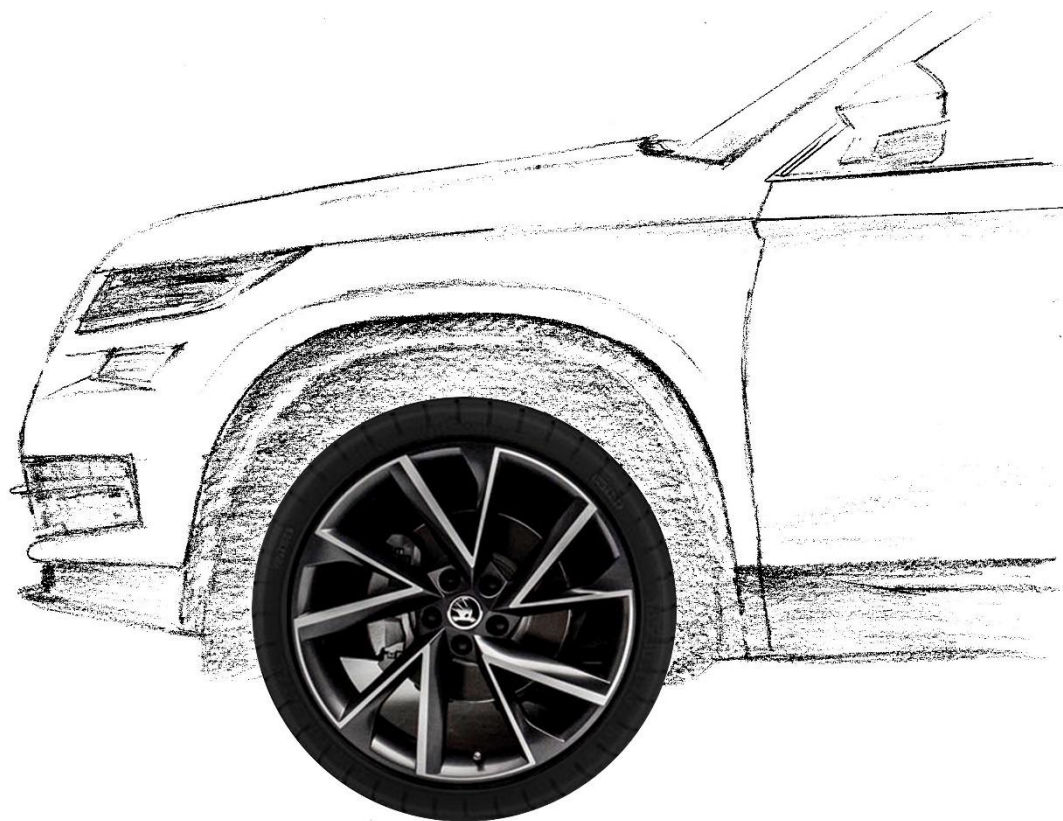


Obrázek 63: Škoda Kodiaq, kolo Auriga

Desetipaprsková kola Vega byla navržena speciálně pro model Kodiaq a na jejich designu je to znát, protože s vozem ladí do posledního detailu.

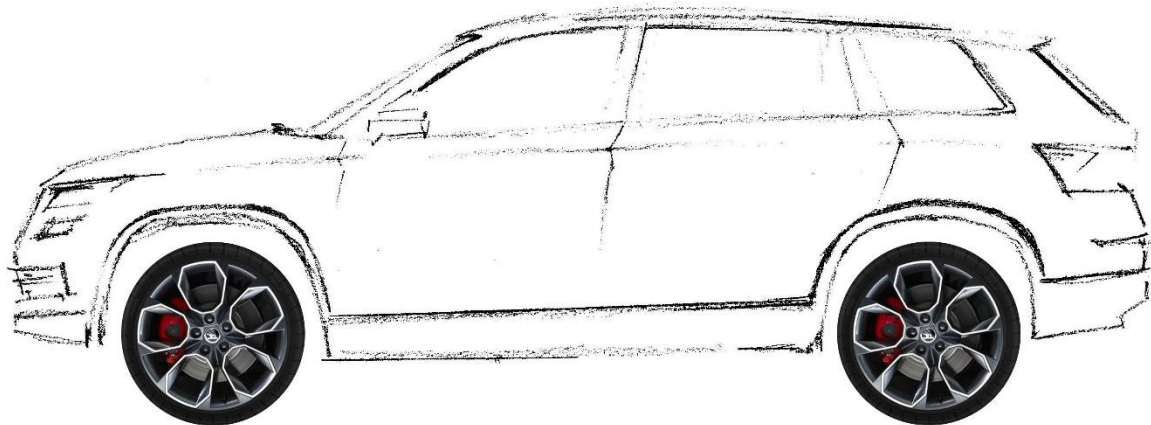


Obrázek 64: Škoda Kodiaq, kola Vega

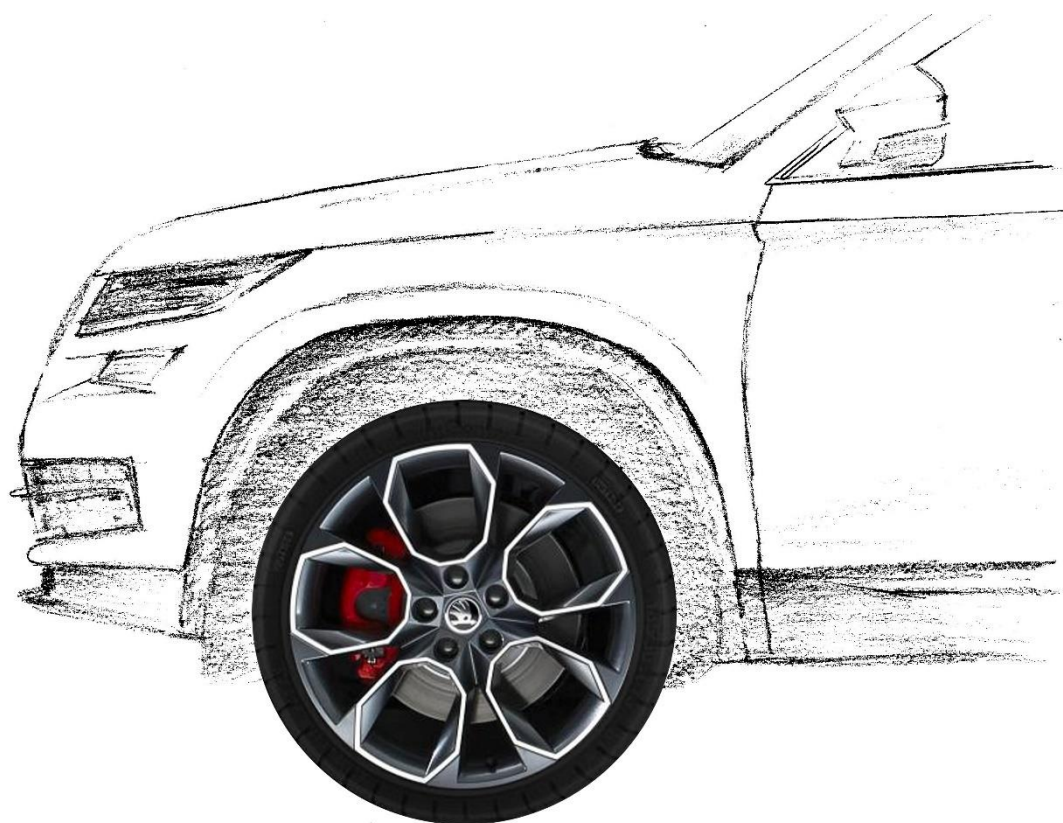


Obrázek 65: Škoda Kodiaq, kolo Vega

Sportovní kola X-Trem se svými ostrými rysy příliš nehodí na SUV Kodiaq už jenom z jeho samotné podstaty. Design těchto kol je natolik originální, že z nich činí nejméně univerzální kolo ze všech tří typů, které se nemusí hodit ke každému automobilu.



Obrázek 66: Škoda Kodiaq, kola X-Trem



Obrázek 67: Škoda Kodiaq, kolo X-Trem

8 Návrh

Cílem mé diplomové práce je návrh konceptu automobilového kola pro běžně dostupný automobil. Na základě poznatků získaných nejen zpracováním této práce, jsem se rozhodl pro monoblokové kolo z hliníkové slitiny typu 6061-T6, protože tento materiál umožňuje výrobu lehkých, pevných a v neposlední řadě designově zajímavých kol, která zlepšují jízdní vlastnosti vozidel. Hliníková kola jsou navíc v současnosti na vzestupu a prakticky nezbytnou součástí každého nového automobilu.

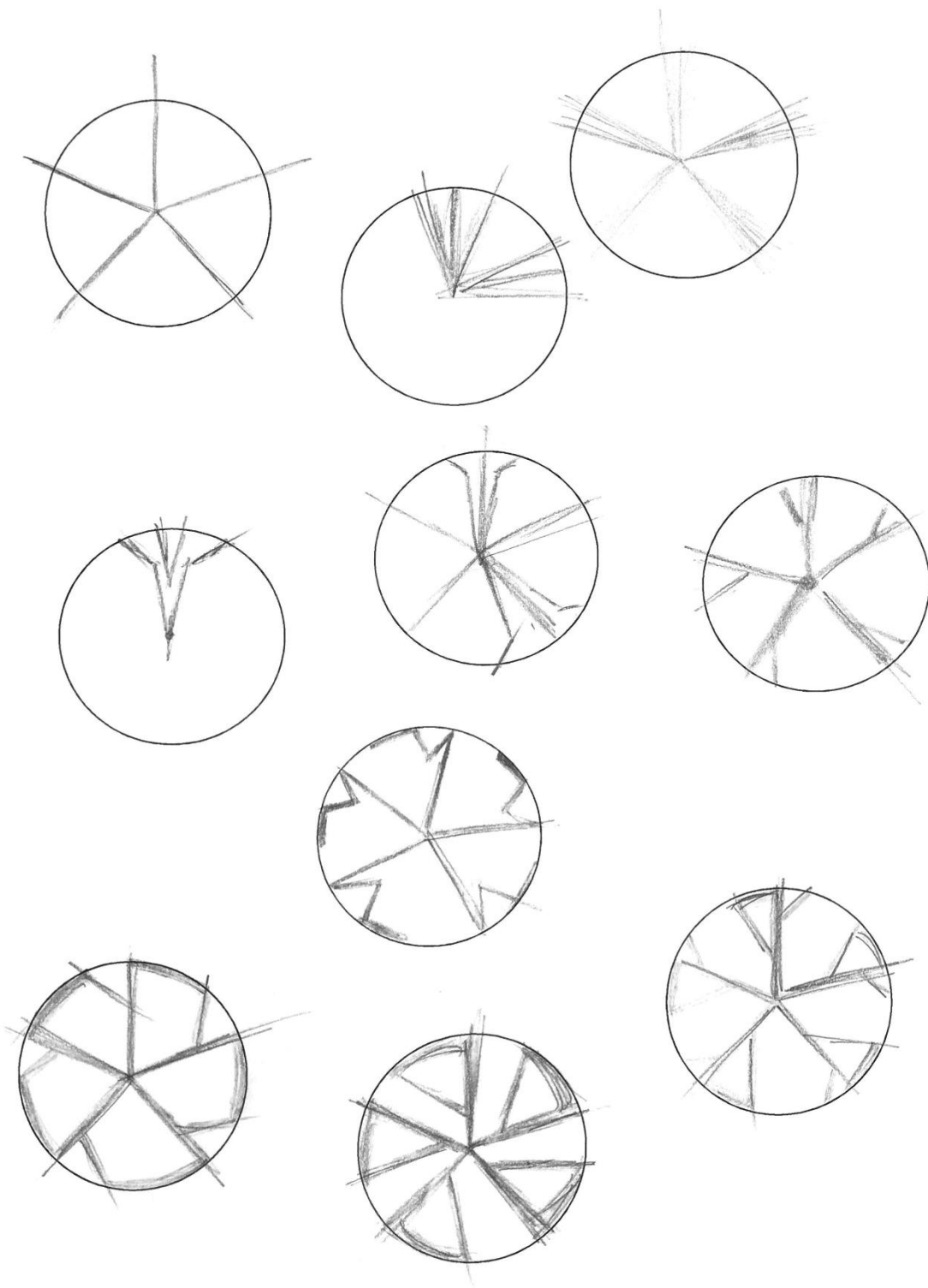
Předpokládaný způsob výroby je pomocí zápusťkového kování, protože kovaná kola jsou nejkvalitnější a vykazují nejlepší materiálové vlastnosti v porovnání s ostatními druhy kol z hliníkových slitin. Pokud by však kola měla být cenově dostupnější, zvolil bych výrobu technologií flow forming případně pomocí nízkotlakého lití.

Na předchozích skicích jsem se věnoval designovému rozboru tří typů kol a automobilů značky Škoda. Z toho důvodu jsem si jako referenční vozidlo, pro které bude mé kolo navrženo zvolil model Škoda Octavia Combi RS. Mým cílem je však navrhnout kolo, které bude do jisté míry univerzální a po designové stránce použitelné na větším množství aut. V ideálním případě se dokonce nemusí jednat pouze o automobily značky Škoda. Při samotném návrhu se soustředím na to, aby kolo působilo nadčasovým designem, který nezevšední. Snažím se tedy navrhnout relativně jednoduché kolo s jasnými tvary, ostrými rysy a propracovanými detaily, neboť právě v nich tkví krása.

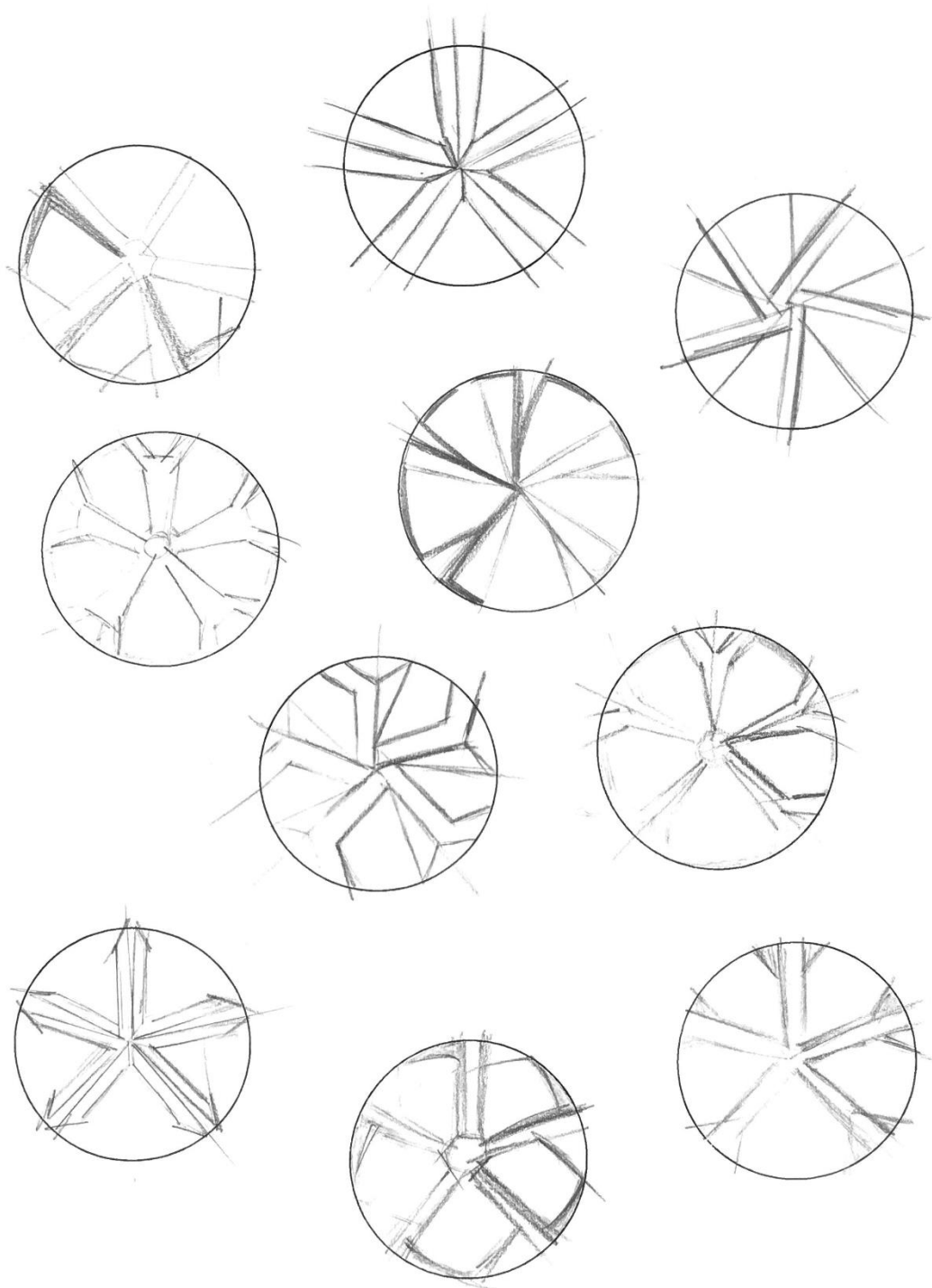
8.1 Skici

Přestože v současnosti se výsledný návrh vytváří pomocí počítačů, při samotném navrhování se nedá vyhnout obyčejné tužce a papíru. Skicování je první a velmi důležitou fází návrhu. Vytváření jednoduchých skic poskytuje prostor pro utřebenění myšlenek, hledání nových tvarů a zákonitostí. Prvotní skici slouží tedy jako odrazový můstek a následně díky nim může vzniknout finální koncept. Na základě prvotních skic vznikají další vybrané skici, které jsou o poznání propracovanější a ze kterých se poté odvíjí další fáze návrhu. Skici neboli náčrtky, jak bývají často označovány, jsou zajímavé taky z retrospektivního hlediska, neboť do jisté míry umožňují zpětně proniknout do mysli autora, protože ukazují jeho tvůrčí postup a myšlení.

8.1.1 Prvotní skici

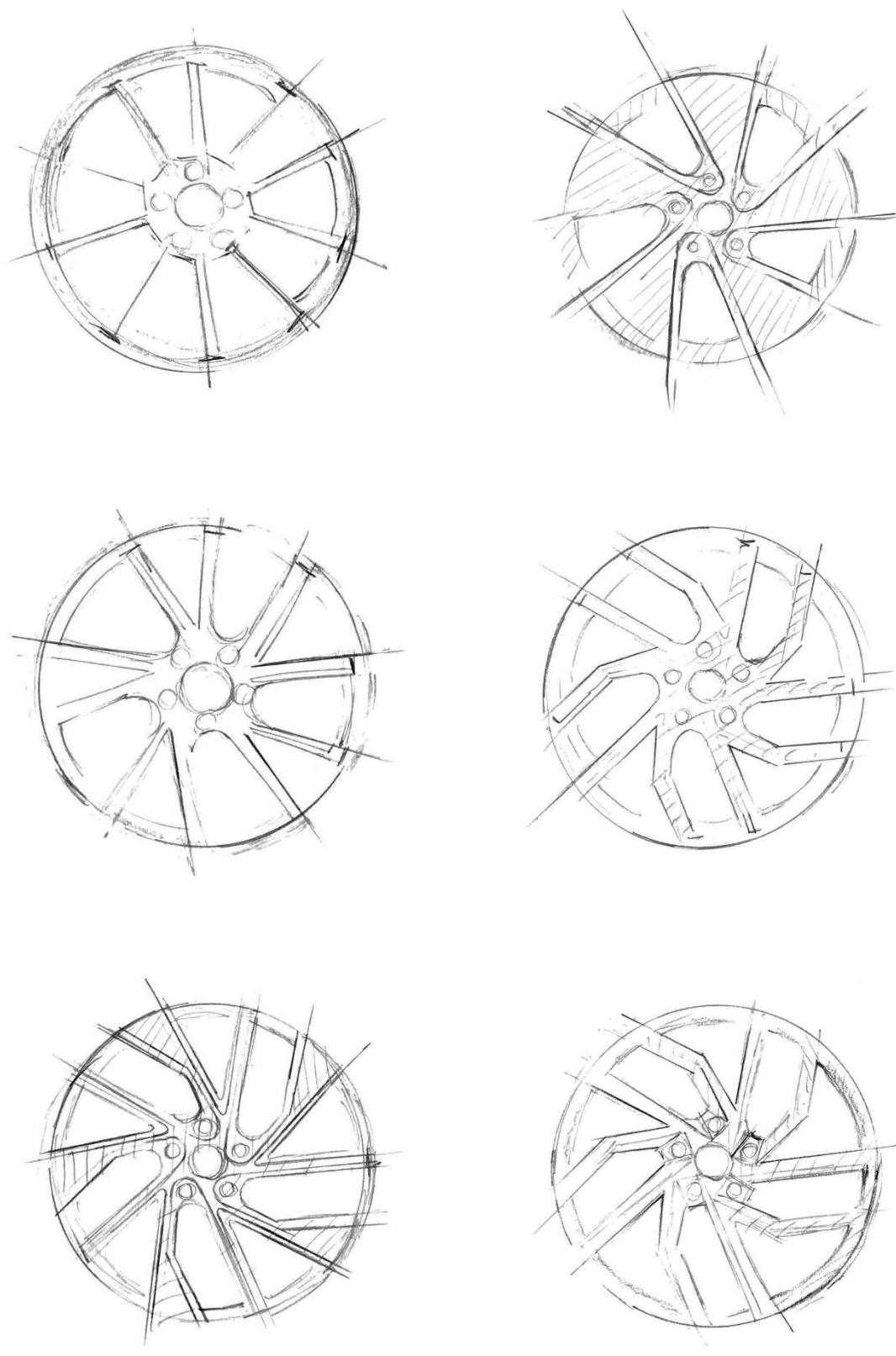


Obrázek 68: Prvotní skici kol [tvorba autora]



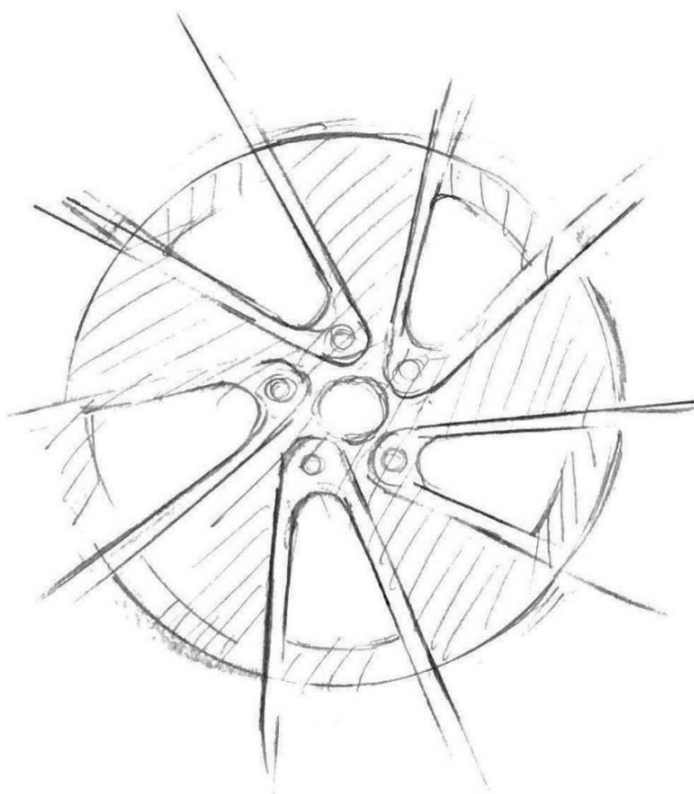
Obrázek 69: Prvotní skici kol [tvorba autora]

8.1.2 Vybrané skici



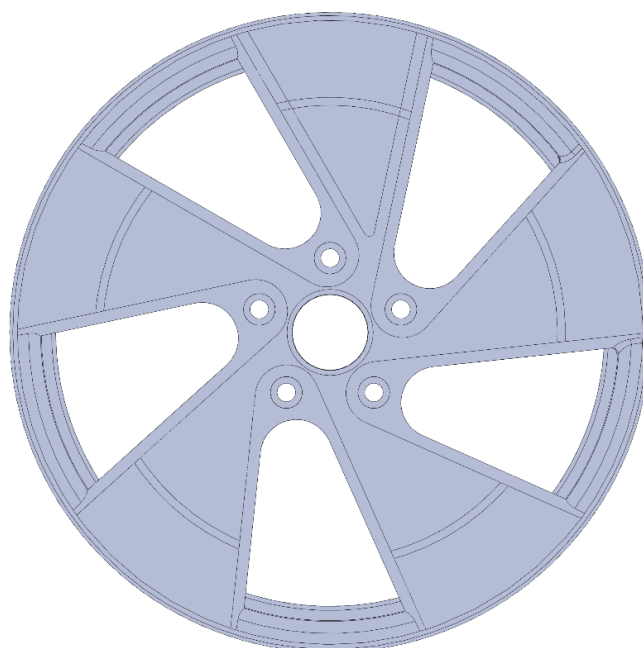
Obrázek 70: Vybrané skici kol [tvorba autora]

8.1.3 Finální návrhy

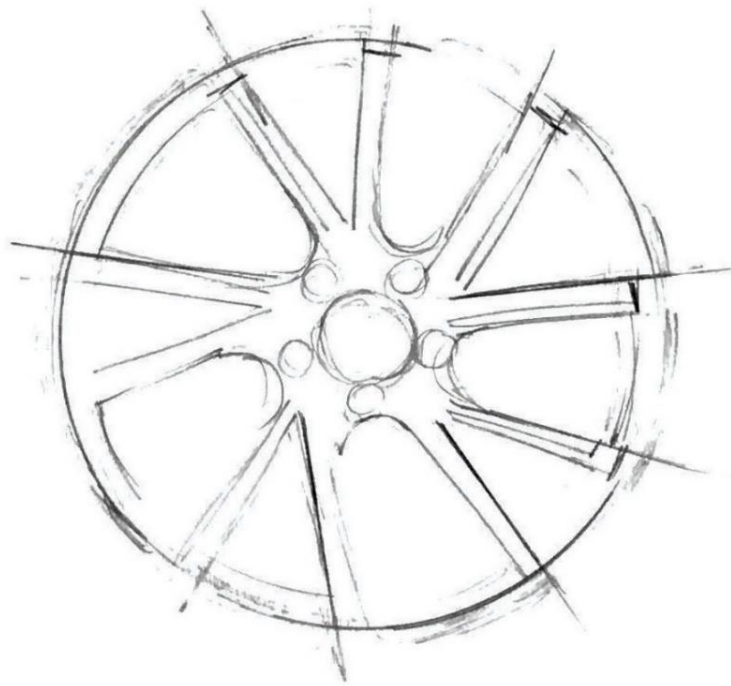


Obrázek 71: Skica č.1 [tvorba autora]

Z vybraných skic jsem zvolil čtyři, pro které jsem následně vytvořil 3D modely za účelem lepší vizualizace. Skica č. 1 se vyznačuje plynulými liniemi a jasnými tvary. Pět mohutných paprsků vytváří stejný počet shodných otvorů, které jsou pootočený okolo os kolových šroubů.

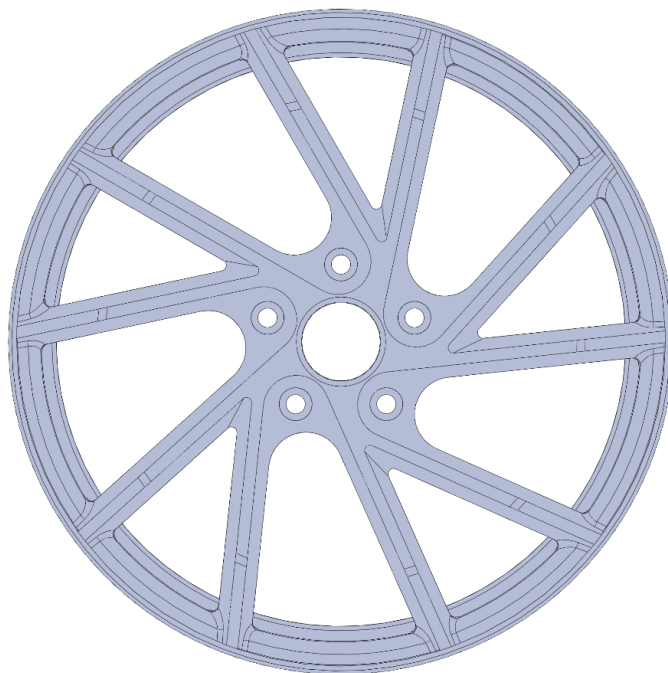


Obrázek 72: Model č. 1 [tvorba autora]

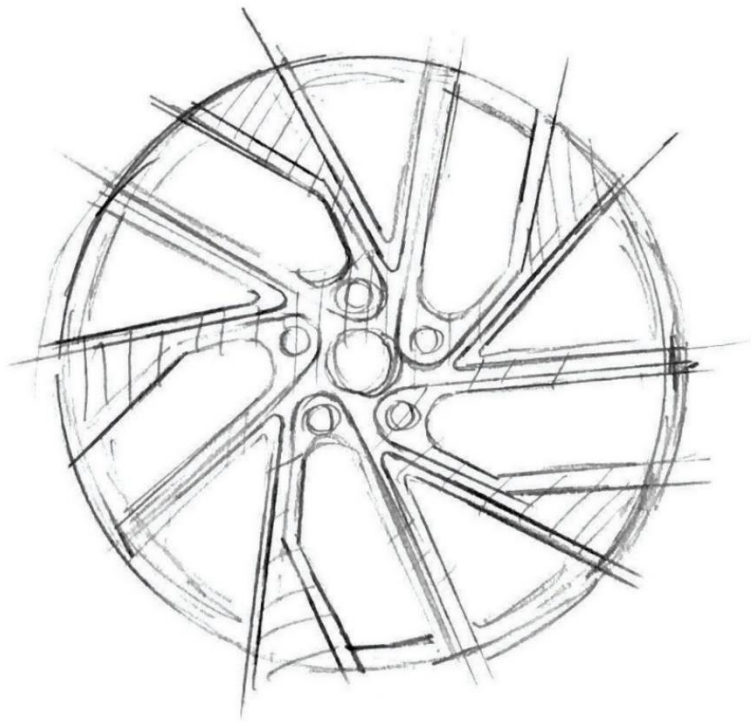


Obrázek 73: Skica č. 2 [tvorba autora]

Skica č. 2 vychází z první varianty, ve srovnání s ní však působí o poznání vzdušnějším dojmem díky přidaným otvorům v pěti původních paprscích. Díky této jednoduché úpravě vzniká desetipaprskové kolo s oboustranně zkosenými paprsky. V této variantě ještě více vyniká pootočení paprsků, které vnáší do designu kola dynamicky působící prvek.

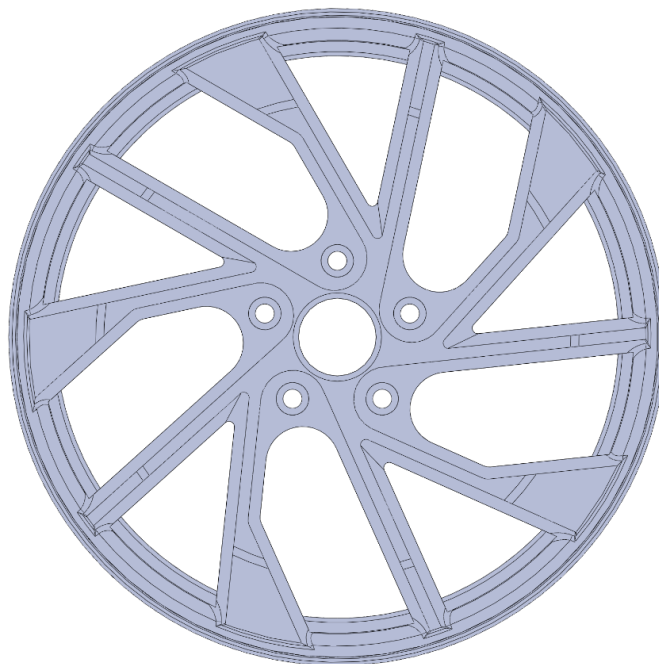


Obrázek 74: Skica č. 2 [tvorba autora]

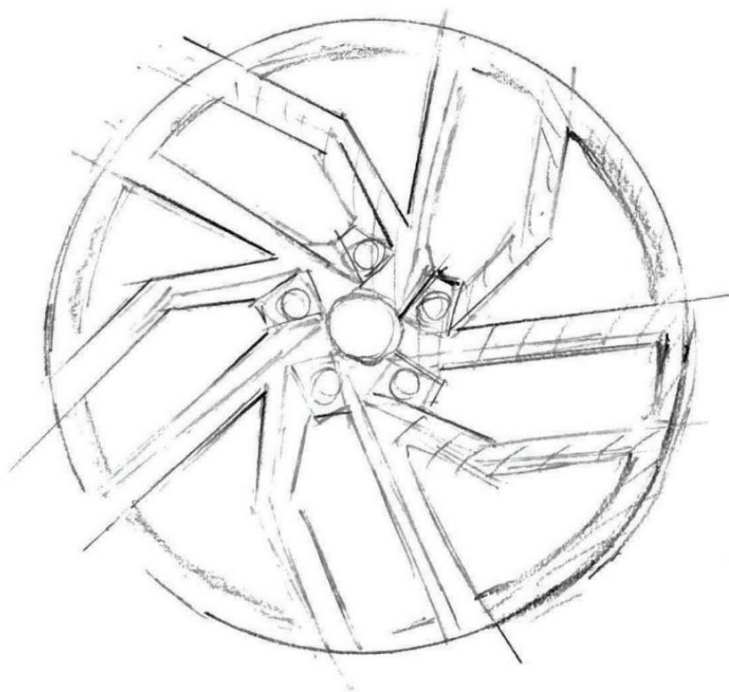


Obrázek 75: Skica č. 3 [tvorba autora]

Skica č. 3 je další evolucí předchozího návrhu. Tato varianta je doplněna o jednostranně rozšířené konce paprsků, které narušují jejich jednotvárnost a zároveň mají zásadní vliv na tvary otvorů v diskové části.

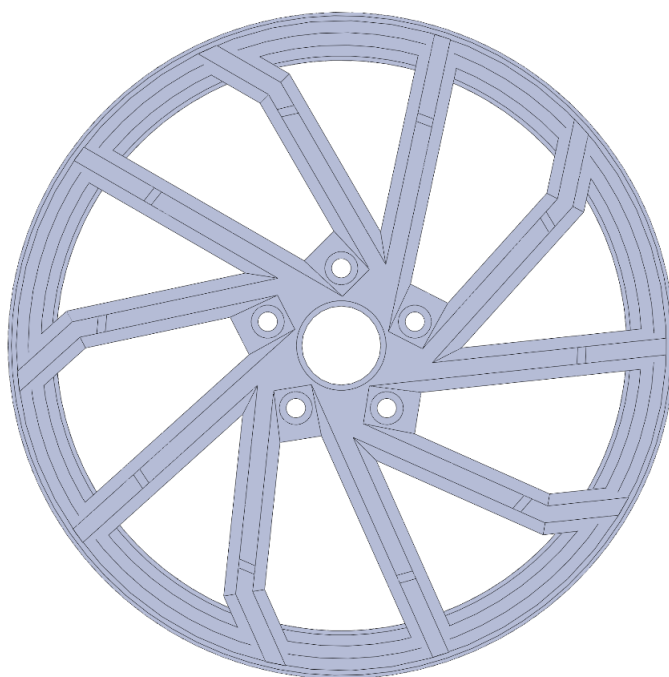


Obrázek 76: Model č. 3 [tvorba autora]



Obrázek 77: Skica č. 4 [tvorba autora]

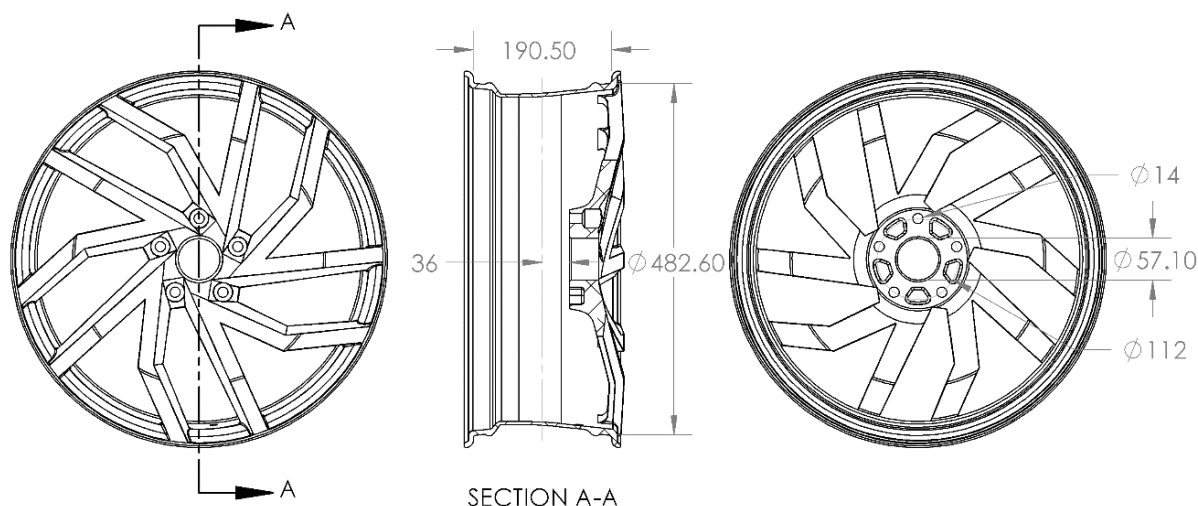
Skica č. 4 opět vychází z předchozích návrhů. Vyznačuje se však ostře řezanými liniemi. Tato zásadní změna má výrazný vliv na celkový vzhled kola, které po této úpravě působí designově soudobějším a čistějším dojmem.



Obrázek 78: Model č. 4 [tvorba autora]

8.2 Definitivní návrh konceptu kola

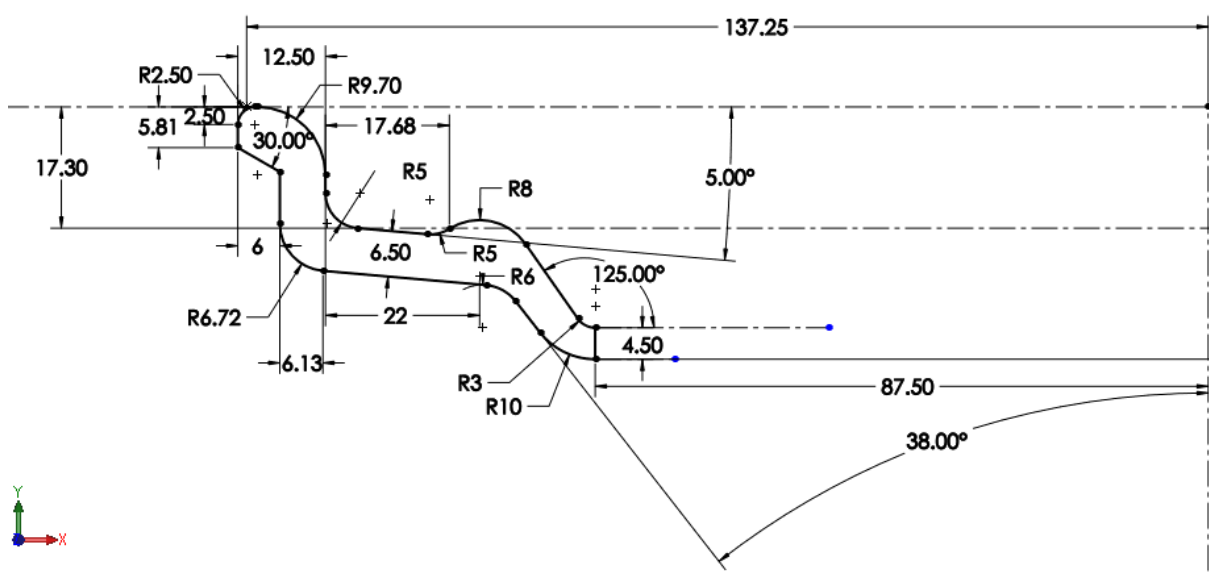
Z předchozích skic a ilustračních modelů jsem jako základ, ze kterého vychází tento definitivní návrh konceptu kola, zvolil poslední skicu č. 4. Pomocí programu Solidworks jsem následně vypracoval 3D model návrhu, jehož výkresy jsou na obrázku níže.



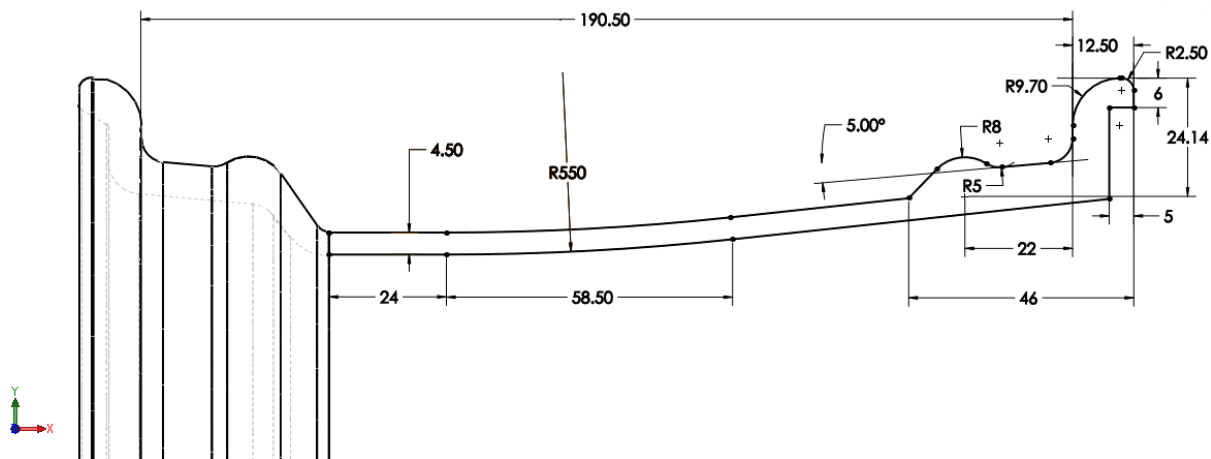
Obrázek 79: Čelní pohled, řez, zadní pohled [tvorba autora]

8.3 Detaily ráfku

Všechny rozměry kola včetně ráfku byly navrženy tak, aby odpovídaly mezím dovolených rozměrů. Na obrázcích níže je výkresová dokumentace jednoduchého ráfku kola s dvojitým humpem, středovým prohloubením a patkami typu J. Veškeré číselné údaje jsou v milimetrech případně ve stupních.



Obrázek 80: Detail patky ráfku [tvorba autora]



Obrázek 81:Detail patky ráfku [tvorba autora]

8.4 Parametry kola

Následující normalizované označení kola udává všechny základní rozměry a podrobněji je rozebráno v tabulce parametrů níže, ve které je udána i hmotnost kola, která odpovídá kolům obdobného typu.

7,5J x 19 (H2) 5x112x57,1 ET36

Tabulka 4: Parametry ráfku

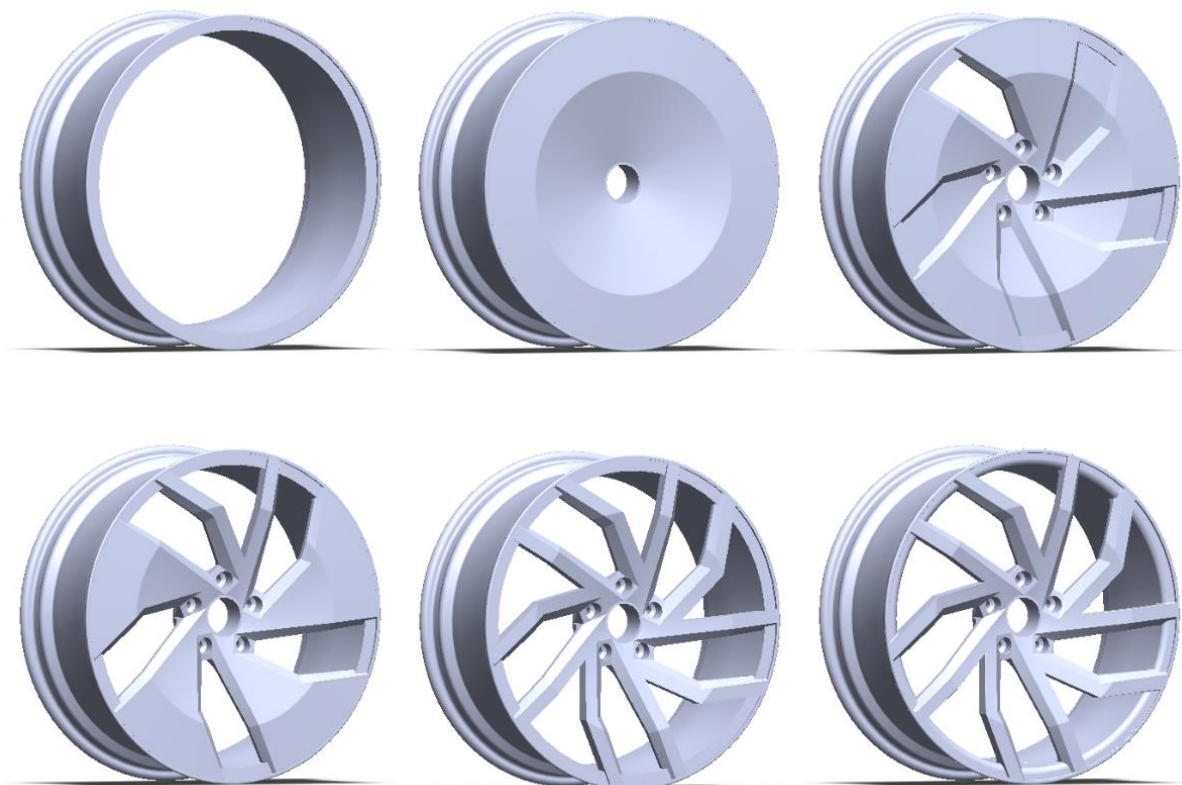
Materiál	Al 6061-T6
Hmotnost	10204,02 g
Šířka ráfku	7,5 "
Tvar patky ráfku	J
Průměr ráfku	19 "
Druh humpu ráfku	H2
Počet šroubových děr	5
PCD	112 mm
CB	57,1 mm
Zális	36 mm

8.5 Průvodní popis návrhu

Škoda Octavia Combi RS, pro kterou je kolo navrženo, se vyznačuje ostře řezanými liniemi a jasnými tvary. Při vlastním návrhu kola postupují tak, aby jeho tvary byly v souladu s designem zvoleného automobilu. Toto monoblokové kované kolo z hliníkové slitiny typu 6061-T6 se skládá z deseti rovnoměrně uspořádaných paprsků, které opticky vytváří pět dvojic a obtáčejí pět šroubových děr. V každé dvojici je jeden paprsek rovný a druhý zalomený. V celkovém designu hraje důležitou roli také proměňující se průřez paprsků. Tvary kola jsou ostře řezané pouze s minimálními zaoblenými hranami. Výsledný dojem je koncepčně čistý, střízlivý a přesto zajímavý. Kolo nabízí několik designových variant díky možnosti použití dvoubarevného lakování, které dá vyniknout obměněným geometrickým tvarům. Jedná se tedy o univerzální 19" kolo s elegantním a dynamickým působením v soudobém stylu. Použitý materiál a způsob výroby jej řadí do vyšší cenové kategorie vzhledem k jeho lepším materiálovým vlastnostem, mezi které patří větší pevnost a nižší hmotnost oproti standardním kolům vyráběných pomocí nízkotlakého lití. S menšími technickými úpravami by však bylo možné jej vyrobit i touto levnější a dostupnější metodou. V případě, že by šlo kolo do výroby, musí se samozřejmě provést ověřující analýza únavy a napjatosti metodou konečných prvků. Tato analýza je komplexní a náročný proces vyžadující úzkou spolupráci designéra a specialisty kvůli případným konstrukčním změnám. Rozměry a použité materiály vycházejí z běžně vyráběných kol, a proto lze předpokládat kladné výsledky analýz. Nelze vyloučit nutnost drobných úprav, které by však neovlivnily výrazným způsobem celkový vzhled kola.

8.6 Postup modelování

Součástí práce bylo nutné ovládnout program Solidworks. V následující části je znázorněn stručný postup, jak bylo kolo vymodelováno.



Obrázek 82: Zjednodušený postup modelování [tvorba autora]

8.7 Grafické vizualizace

Na následujících obrázcích jsou grafické vizualizace tří variant výsledného návrhu, které se liší svým barevným provedením.



Obrázek 83: Grafická vizualizace výsledného návrhu – varianta 1 [tvorba autora]



Obrázek 84: Grafická vizualizace výsledného návrhu – varianta 2 [tvorba autora]



Obrázek 85: Grafická vizualizace výsledného návrhu – varianta 3 [tvorba autora]



Obrázek 86: Grafická vizualizace výsledného návrhu [80] [tvorba autora]

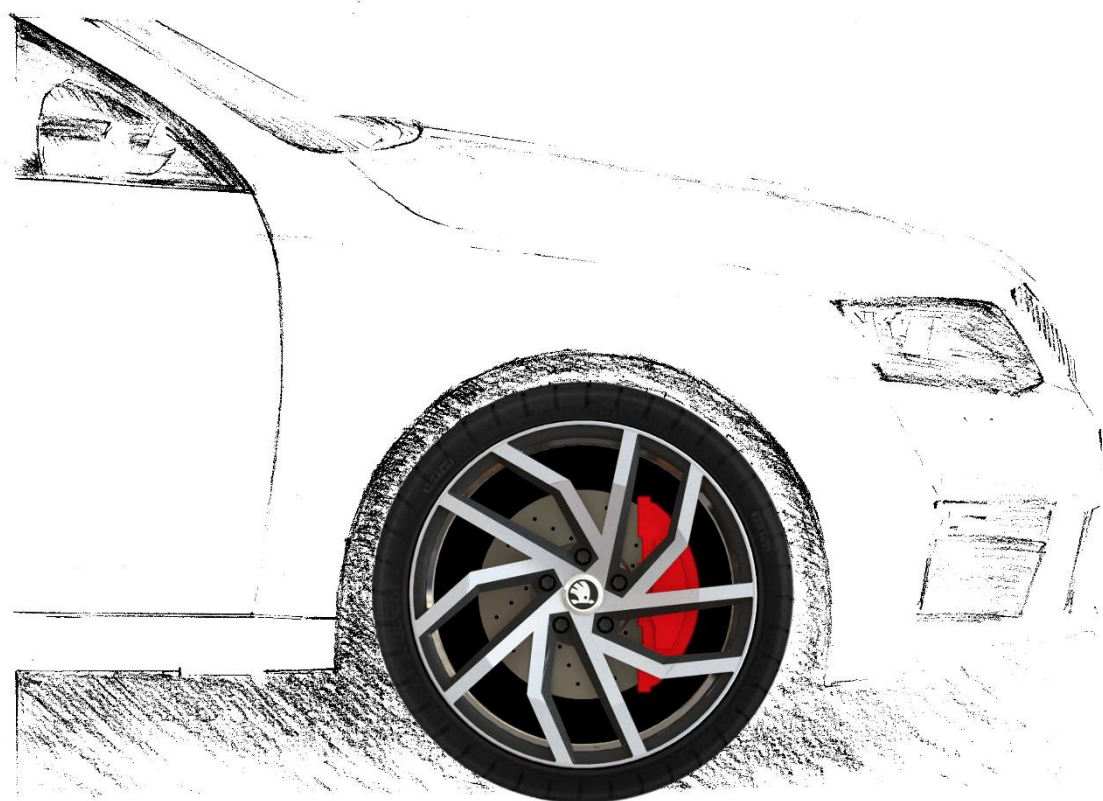
9 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce byl návrh konceptu designu automobilového kola, který by splňoval estetický záměr s veškerými technickými požadavky. Toto téma jsem zvolil z toho důvodu, že v současnosti je na design automobilových kol kladen obrovský důraz. Návrh kol je zároveň velkou výzvou, protože jejich design je do značné míry limitován jejich tvarem a možnostmi materiálů a mnohdy se jedná o natolik výrazný designový prvek, který hraje velmi důležitou roli v celkovém designu automobilu.

Základní ideou návrhu bylo, aby kolo působilo nadčasovým designem, který nezevšední a aby jeho design byl v souladu se zbytkem karoserie daného automobilu a pokud možno ji vhodně doplňovalo. Z toho důvodu jsem navrhnul relativně jednoduché kolo s jasnými tvary, ostrými rysy a propracovanými detaily, v nichž je ukryta jeho výjimečnost.

Koncept automobilového kola a následné grafické vizualizace byl vytvořen v programu Solidworks 2016. Textová část byla zpracována v programu Word 2016.

Vypracování diplomové práce mi bylo obrovským přínosem, neboť jsem nabytl nové znalosti, které budu schopen aplikovat a využít v budoucnu.



Obrázek 87: Skica v kombinaci s výsledným návrhem [tvorba autora]

10 Seznam použitých zdrojů

- [1] *Enkei: Značení kola* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z:
<http://www.enkei.co.jp/eng/caution/size/>
- [2] *Tyre Size Calculator: Patka ráfku* [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z:
<http://www.tyresizecalculator.com/wheels/wheel-rim-profiles>
- [3] Autoexpert: Praktická dílna: Kola a pneumatiky. [online]. 2007 [cit. 2018-04-15].
Dostupné z: <http://www.znalec.tym.cz/kola%20a%20pneu.pdf>
- [4] *Pneu Javůrek: Rozměry a značení disků* [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z:
http://www.pneujavurek.cz/rozmery_disku.htm
- [5] Speedace: HISTORY OF THE WHEEL [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z:
<http://www.speedace.info/wheels.htm>
- [6] GASSER, Aleksander. WORLD'S OLDEST WHEEL FOUND IN SLOVENIA. Republic of Slovenia: Government Communication Office [online]. 2003 [cit. 2018-04-15].
Dostupné z:
http://www.ukom.gov.si/en/media_room/background_information/culture/worlds_oldest_wheel_found_in_slovenia/
- [7] Continental: History of the Passenger Tire [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupné z:
<http://www.continentaltire.com/content/history-passenger-tire>
- [8] Daimler: Company History [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupné z:
<https://www.daimler.com/company/tradition/company-history/1886-1920.html>
- [9] BenzInsider: The Mercedes 35 HP — The First of a Superior Breed [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://www.benzinsider.com/2014/04/the-mercedes-35-hp-the-first-of-a-superior-breed/>
- [10] Audi: Audi 14/35 PS Typ C "Alpensieger" [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z:
<http://www.audi.com/corporate/de/unternehmen/historie/modelle/audi-1435-ps-typ-c-alpensieger-1914.html>
- [11] Just A Car Guy: The early Bugatti racing rim on the type 35 of 1925, or the type 51 of the 1930s [online]. Saturday, March 18, 2017 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z:
<http://justacarguy.blogspot.cz/2017/03/the-early-bugatti-racing-rim-on-type-35.html>
- [12] RM Sotheby's: 1925 Bugatti Type 35 Grand Prix [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z:
<https://rmsothebys.com/en/auctions/PA18/Paris/lots/r0002-1925-bugatti-type-35-grand-prix/545575>

- [13] Car Styling: 1929 Duesenberg Model J [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: http://www.carstyling.ru/en/car/1929_duesenberg_model_j/
- [14] Auto Universum: A Concise History of the Alloy Wheel [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://autouniversum.wordpress.com/2010/01/20/a-concise-history-of-the-alloy-wheel/>
- [15] RM Sotheby's: 1955 Cadillac Eldorado Convertible [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://blog.rmsothebys.com/en/auctions/HF14/Hershey/lots/r102-1955-cadillac-eldorado-convertible/181900>
- [16] LINTELMANN, Reinhard. 1000 sportovních vozů. V Praze: Knižní klub, 2007. ISBN 978-80-242-1945-5.
- [17] Classic Jaguar: History of Borrani Wire Wheels [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://classicjaguar.com/borrani-wire-wheels/>
- [18] RM Sotheby's: 1956 Mercedes-Benz 300 SL Gullwing [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.rmsothebys.com/en/auctions/AZ14/Arizona/lots/r137-1956-mercedes-benz-300-sl-gullwing/182173>
- [19] RM Sotheby's: 1961 Ferrari 250 GT SWB Berlinetta by Scaglietti [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://rmsothebys.com/en/auctions/AM17/Amelia-Island/lots/r116-1961-ferrari-250-gt-swb-berlinetta-by-scaglietti/408755>
- [20] Hemmings: Ted Halibrand [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.hemmings.com/magazine/mus/2011/03/Ted-Halibrand/3697171.html>
- [21] Nwi.com: Auto racing | Indianapolis 500 history [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: http://www.nwitimes.com/sports/motor-sports/indy-car/crown-point-car-owner-belanger-won-the/article_f2e4f5f6-12b9-5752-9de8-139a4b2695bb.html
- [22] Wheelsnews: Wheels of Fortune [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: https://wheelsnews.com/wp-content/uploads/2017/04/2_3_low_res.png
- [23] RM Sotheby's: 1963 OSCA 1600 GT by Carrozzeria Zagato [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.rmsothebys.com/en/auctions/LF12/London/lots/r151-1963-osca-1600-gt-by-carrozzeria-zagato/281236>
- [24] Mercedes-Benz: Classic Benz Patent [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/12/classic_benz-patent_raeder-660x602.jpg

- [25] RM Sotheby's: 1913 Benz 8/20 HP Roadster [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/8/4/8/1/5/8/848158eab667a49fb18d764fbe4c586ca77dd114.jpg>
- [26] RM Sotheby's: 1925 Bugatti Type 35 Grand Prix [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/a/a/4/1/5/2/aa4152d49a8ea6e108c152eab72d7b17d33edaba.jpg>
- [27] RM Sotheby's: 1934 Mercedes-Benz 380 K Cabriolet C [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/c/e/e/2/4/7/cee247735654c8a276c0fc43e88d031eeebd7adb.jpg>
- [28] RM Sotheby's: 1948 Tatra T87 [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/6/5/9/5/b/0/6595b0208273a42576ff6a157880bbe686c3bfb2.jpg>
- [29] RM Sotheby's: 1956 Mercedes-Benz 300 SL Gullwing [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/2/4/a/0/b/d/24a0bd8019f409d34b13b2d881836c0f0487688e.jpg>
- [30] RM Sotheby's: 1958 Ferrari 250 GT Berlinetta Competizione 'Tour de France' by Scaglietti [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/a/1/d/b/b/3/a1dbb37b6d01c73b883ca7164d4fe7c2406adc1b.jpg>
- [31] RM Sotheby's: 1963 OSCA 1600 GT by Carrozzeria Zagato [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/b/e/2/e/1/8/be2e18975b5be7d5af8602f36b792be372522738.jpg>
- [32] RM Sotheby's: 1963 Fiat Abarth 1000TC [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/b/3/a/9/4/7/b3a947628c53e14b4381d26f08db0d49314ca210.jpg>
- [33] RM Sotheby's: 1965 Ferrari 275 GTB by Scaglietti [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/6/9/5/7/0/7/6957072440a445bee36ec4d2aea326bfdcc25e4d.jpg>
- [34] RM Sotheby's: 1967 Porsche 911 S Coupe [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/0/7/a/6/d/e/07a6de84eed41b95b6dd35a107a496379e60ba17.jpg>
- [35] RM Sotheby's: 1971 Lamborghini Miura P400 S by Bertone [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/1/a/b/1/4/a/1ab14a3c91d911693d44d033ca19b204f2abdd79.jpg>

- [36] RM Sotheby's: 1980 Mercedes-Benz 450 SLC [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/d/2/3/0/e/0/d230e08951fee5bf32f29c510672c0919adb3421.jpg>
- [37] RM Sotheby's: 1974 BMW 3.0 CS [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/3/e/e/9/2/4/3ee924aaf6ae810f457d71780cfe126275de91a7.jpg>
- [38] RM Sotheby's: 1981 Lamborghini Countach LP400 S Series II by Bertone [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/9/4/1/4/1/e/94141e9245cf184f7fd0a764136b2f8db98fa228.jpg>
- [39] RM Sotheby's: 1988 Porsche 959 [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/f/e/4/e/8/4/fe4e84e12d9ed74bc451ee0dcbb29b28ba37a022.jpg>
- [40] RM Sotheby's: 1990 Ferrari F40 [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/c/c/1/0/1/0/cc10101384718691d22b43af3606cc5641fb68e9.jpg>
- [41] RM Sotheby's: 1993 Bugatti EB110 GT [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/b/9/0/a/3/a/b90a3abfb5baa9d96bfeb30c37146aede412a27d.jpg>
- [42] RM Sotheby's: 1995 Ferrari F50 [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/e/f/7/f/2/0/ef7f20bcb2c7033298fa4746113ce292b9428fd9.jpg>
- [43] RM Sotheby's: 1998 Porsche 911 Turbo S [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/a/7/0/e/d/9/a70ed9382b9f53a026497b1d62677486a258eb43.jpg>
- [44] Netcarshow: 2002 Lamborghini Murciélago [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: https://www.netcarshow.com/lamborghini/2002-murcielago/1600x1200/wallpaper_6f.htm
- [45] RM Sotheby's: 2004 Ferrari Enzo [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/2/a/2/e/b/d/2a2ebdf8969cf53777f34f306df402eb43fad883.jpg>
- [46] Netcarshow: 2010 Volkswagen Golf R [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: https://www.netcarshow.com/volkswagen/2010-golf_r/1600x1200/wallpaper_39.htm

- [47] RM Sotheby's: 2017 Bugatti Chiron [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/2/a/4/6/3/4/2a46346310c730ff658fac929309519686ec1fc7.jpg>
- [48] RM Sotheby's: 2018 Lamborghini Huracán RWD Coupé [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://rmsothebys-cache.azureedge.net/c/6/d/8/5/6/c6d856b8ad032afdd21c876c68937f59f86781b0.jpg>
- [49] Lou Guthry Motors: Drátěné kolo [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: https://louguthry.com.au/images/detailed/1/Guthry-5m_42.jpg
- [50] Pro Pneu: Ocelové kolo [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://storage.pro-pneu.cz/images/large/12c995f548fedf5552897535af74a7af.jpg>
- [51] SAF Holland: TRILEX Wheel System [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://ww1.safholland.nl/sites/netherlands/en-US/products/trilex/Pages/default.aspx>
- [52] SAF Holland: Press Photos: TRILEX Wheelspider with TRILEX rim [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://ww1.safholland.info/sites/middleeast/en-US/aboutus/press/pressphotos/Pages/default.aspx?imageType=IG14|IT69>
- [53] VossenWheels: 6061-T6 Aluminium [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://vossenwheels.com/wheel/lc-101/>
- [54] Aerospace Specification Metals: 6061-T6 Aluminium [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma6061t6>
- [55] SlideShare: Aluminium wheel manufacture [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/kanish671/aluminium-wheel-manufacture>
- [56] YouTube: Vossen Wheels - Tour and How They Are Made! Monoblok pro výrobu kovaného kola: [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=CxIH_fMjXpk
- [57] YouTube: DipYourCar - How It's Made - Custom Ferrari Wheels, pt. 2: CNC stroj [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=VIOfQUjEtoq>
- [58] YouTube: Custom Offsets: Sh*t I Never Knew: WHEEL WARS || Cast Vs. Forged Vs. ??? : Opracované kolo bez vyřezaných otvorů [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=fE61SzsBRE>
- [59] YouTube: VossenWheels: Vossen Forged Wheels | How It's Made Part 4 of 5 | Manufacturing: Vyřezávání otvorů v diskové části [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=JQ87n-tTddo>

- [60] VossenWheels: Ruční dobroušení kola [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://vossenwheels.com/wp-content/uploads/2015/09/Vossen-Forged-Wheel-Manufacturing-Facility-Miami-Florida-USA-©-Vossen-Wheels-2015-1054-1024x683.jpg>
- [61] VossenWheels: Chemická předúprava kola [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://vossenwheels.com/wp-content/uploads/2015/09/Vossen-Forged-Wheel-Manufacturing-Facility-Miami-Florida-USA-©-Vossen-Wheels-2015-1036-1024x683.jpg>
- [62] Camaro5: Different Wheel Construction Types Explained [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://www.camaro5.com/forums/showthread.php?t=121777>
- [63] 1221Wheels: Dvojdílná kovaná kola [online]. [cit. 2018-05-27]. Dostupné z: <http://www.1221wheels.com/wp-content/uploads/2018/02/AP2X-3.jpg>
- [64] 1221Wheels: Trojdílná kovaná kola [online]. [cit. 2018-05-27]. Dostupné z: <http://www.1221wheels.com/wp-content/uploads/2018/01/AP3C.jpg>
- [65] Vossen Wheels: Flow Forming [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://vossenwheels.com/wheel/vfs-5/>
- [66] The Magnesium Home Page: Properties of Cast Magnesium Alloys [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: http://mg.tripod.com/asm_prop.htm#azchem
- [67] MagnesiumWheels: History [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://magnesiumwheels.com/history.html>
- [68] MagnesiumWheels: For Engineers [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://magnesiumwheels.com/for-engineers.html>
- [69] MagnesiumWheels: Mg Benefits [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://magnesiumwheels.com/mg-benefits.html>
- [70] *Prvky: Hliník* [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/13.html>
- [71] SIGWORTH, G.K. a T.A. KUHN. *Grain Refinement of Aluminum Casting Alloys: Paper 07-067(02).pdf, Page 1 of 12* [online]. Schaumburg, IL USA, 2007 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://docshare04.docshare.tips/files/5429/54291938.pdf>
- [72] *Foundry Planet: Tavní pec* [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.foundry-planet.com/fileadmin/redakteur/Material/14-06-10-striko-bild06.jpg>
- [73] *Substech: Odplynění* [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=degassing_treatment_of_molten_aluminum_alloys

- [74] *SpringerLink: Nízkotlaké lití* [online]. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: https://media.springernature.com/original/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs11837-013-0677-1/MediaObjects/11837_2013_677_Fig1_HTML.gif
- [75] Weiku: Licí forma [online]. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: http://img.weiku.com/waterpicture/2011/10/18/16/Aluminium_alloy_wheel_rim_mold_634545505727730966_10.jpg
- [76] *Bosello: Rentgenová kontrola* [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: https://bosello.eu/web/wp-content/uploads/2017/12/wre-thunder-3_ok.jpg
- [77] ŠKODA E-shop: Kolo z lehké slitiny Auriga [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://eshop.skoda-auto.com/cz/cs/b2c/kolo-z-lehké-slitiny-auriga-5-5j-x-15-citigo-1st071495g-fm9x>
- [78] ŠKODA E-shop: Kolo z lehké slitiny X-TREM [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://eshop.skoda-auto.com/cz/cs/b2c/kolo-z-lehke-slitiny-x-trem-5e0071499--ha7x>
- [79] Zagiel Auto: FELGA ALUMINIOWA VEGA [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://eshop.skoda-auto.com/cz/cs/b2c/kolo-z-lehké-slitiny-auriga-5-5j-x-15-citigo-1st071495g-fm9x>
- [80] ŠkodaHome: Nová ŠKODA Octavia RS na závodní trati v Goodwoodu [online]. [cit. 2018-05-28]. Dostupné z: <https://www.skodahome.cz/app/uploads/2015/12/130605-SKODA-Octavia-Combi-RS-004-1.jpg>

11 Seznam obrázků

Obrázek 1: Značení kola [1].....	2
Obrázek 2: Patka ráfku [2]	3
Obrázek 3: Průměr roztečné kružnice [1]	4
Obrázek 4: Zális [1].....	5
Obrázek 5: Symetrický a asymetrický prohloubený ráfek [3]	6
Obrázek 6: Prohloubený ráfky se šikmou dosedací plochou [3]	6
Obrázek 7: Univerzální ráfek KPZ [3].....	7
Obrázek 8: Nejstarší nalezené kolo [6].....	8
Obrázek 9: Zjednodušená evoluce dřevěného kola [5].....	9
Obrázek 10: Benz Patent Motorcar (vlevo), Daimler (vpravo) [8].....	10
Obrázek 11: Benz Victoria (vlevo), Benz Velo (vpravo) [8].....	11
Obrázek 12: Mercedes 35 HP [9].....	11
Obrázek 13: Audi 14/35 PS Typ C z roku 1914 [10].....	12
Obrázek 14: Bugatti Type 35 z roku 1925 [12]	13
Obrázek 15: Duesenberg Model J z roku 1929 [13]	13
Obrázek 16: Cadillac Eldorado Convertible z roku 1955 [15]	14
Obrázek 17: Mercedes-Benz 300 SL Gullwing z roku 1956 [18].....	15
Obrázek 18: Ferrari 250 GT SWB Berlinetta by Scaglietti z roku 1961 [19].....	16
Obrázek 19: Vítěz 1951 Indianapolis 500 Lee Walard (uprostřed) [21].....	17
Obrázek 20: Dobová reklama na kola Halibrand [22]	17
Obrázek 21: OSCA 1600 GT by Carrozzeria Zagato z roku 1963 [23]	18
Obrázek 22: Chronologický vývoj kol osobních automobilů	20
Obrázek 23: Drátěné kolo [49]	22
Obrázek 24: Ocelové kolo [50].....	23
Obrázek 25: Kolo TRILEX [52].....	23
Obrázek 26: Monoblok pro výrobu kovaného kola [56].....	26
Obrázek 27: Horizontální CNC soustruh [57]	26
Obrázek 28: Vertikální CNC stroj [57]	27
Obrázek 29: Opracované kolo bez vyřezaných otvorů [58]	27
Obrázek 30: Vyřezávání otvorů v diskové části [59].....	28
Obrázek 31: Odlehčovací kapsy [56]	28
Obrázek 32: Ruční dobroušení kola [60].....	29
Obrázek 33: Chemická předúprava kola [61]	29
Obrázek 34: Dvoudílná kovaná kola [63].....	30
Obrázek 35: Trojdílná kovaná kola [64].....	30

Obrázek 36: Flow Forming krok č. 1 [65].....	31
Obrázek 37: Flow Forming krok č. 2 [65].....	31
Obrázek 38: Flow Forming krok č. 3 [65].....	32
Obrázek 39: Flow Forming krok č. 4 [65].....	32
Obrázek 40: Očkování [71]	35
Obrázek 41: Tavicí pec [72].....	37
Obrázek 42: Odplynění [73]	38
Obrázek 43: Nizkotlaké lití [74].....	39
Obrázek 44: Licí forma [75].....	39
Obrázek 45: Rentgenová kontrola [76].....	40
Obrázek 46: Auriga [77], X-Trem [78], Vega [79]	43
Obrázek 47: Škoda Citigo 5D [tvorba autora]	44
Obrázek 48: Škoda Octavia Combi [tvorba autora]	44
Obrázek 49: Škoda Kodiaq [tvorba autora]	44
Obrázek 50: Škoda Citigo 5D, kolo Auriga	45
Obrázek 51: Škoda Citigo 5D, kolo Auriga	45
Obrázek 52: Škoda Citigo 5D, kola Vega	46
Obrázek 53: Škoda Citigo 5D, kolo Vega	46
Obrázek 54: Škoda Citigo 5D, kola X-Trem	47
Obrázek 55: Škoda Citigo 5D, kolo X-Trem	47
Obrázek 56: Škoda Octavia Combi RS, kola Auriga.....	48
Obrázek 57: Škoda Octavia Combi RS, kolo Auriga.....	48
Obrázek 58: Škoda Octavia Combi RS, kola Vega.....	49
Obrázek 59: Škoda Octavia Combi RS, kolo Vega.....	49
Obrázek 60: Škoda Octavia Combi RS, kola X-Trem	50
Obrázek 61: Škoda Octavia Combi RS, kolo X-Trem	50
Obrázek 62: Škoda Kodiaq, kola Auriga.....	51
Obrázek 63: Škoda Kodiaq, kolo Auriga.....	51
Obrázek 64: Škoda Kodiaq, kola Vega.....	52
Obrázek 65: Škoda Kodiaq, kolo Vega.....	52
Obrázek 66: Škoda Kodiaq, kola X-Trem	53
Obrázek 67: Škoda Kodiaq, kolo X-Trem	53
Obrázek 68: Prvotní skici kol [tvorba autora]	55
Obrázek 69: Prvotní skici kol [tvorba autora]	56
Obrázek 70: Vybrané skici kol [tvorba autora]	57
Obrázek 71: Skica č.1 [tvorba autora]	58
Obrázek 72: Model č. 1 [tvorba autora]	58

Obrázek 73: Skica č. 2 [tvorba autora]	59
Obrázek 74: Skica č. 2 [tvorba autora]	59
Obrázek 75: Skica č. 3 [tvorba autora]	60
Obrázek 76: Model č. 3 [tvorba autora]	60
Obrázek 77: Skica č. 4 [tvorba autora]	61
Obrázek 78: Model č. 4 [tvorba autora]	61
Obrázek 79: Čelní pohled, řez, zadní pohled [tvorba autora].....	62
Obrázek 80: Detail patky ráfku [tvorba autora]	62
Obrázek 81:Detail patky ráfku [tvorba autora]	63
Obrázek 82: Zjednodušený postup modelování [tvorba autora].....	65
Obrázek 83: Grafická vizualizace výsledného návrhu – varianta 1 [tvorba autora]	66
Obrázek 84: Grafická vizualizace výsledného návrhu – varianta 2 [tvorba autora]	66
Obrázek 85: Grafická vizualizace výsledného návrhu – varianta 3 [tvorba autora]	67
Obrázek 86: Grafická vizualizace výsledného návrhu [80] [tvorba autora].....	67
Obrázek 87: Skica v kombinaci s výsledným návrhem [tvorba autora]	68

12 Seznam tabulek

Tabulka 1: Druhy humpů ráfku [3]	4
Tabulka 2: Značení ráfků	7
Tabulka 3: Hmotnostní porovnání kol z oceli, hliníku a magnézia [69].....	33
Tabulka 4: Parametry ráfku.....	63