

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Design průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Výběr materiálu z hlediska designu průmyslové techniky

Autor: **Kristýna Kulová**
Vedoucí práce: **Ing. Ivana Mazínová**

Akademický rok 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna KULOVÁ**
Osobní číslo: **S13B0494P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Design průmyslové techniky**
Název tématu: **Výběr materiálu z hlediska designu průmyslové techniky**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Prostudujte vedoucím práce předložené zdroje a přehledně zpracujte výběr materiálů z průmyslového designu. K danému tématu vypracujte případovou studii.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod, cíl práce
2. Konstrukční proces z hlediska výběru materiálu v rámci průmyslového designu
3. Případová studie
4. Shrnutí práce (závěr)

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

ASHBY, M. F. *Materials Selection in Mechanical Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2011

ASHBY, M. F. *Materials and design*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2010

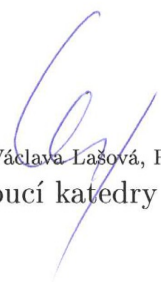
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Mazínová**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Ivana Mazínová**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Mazínové za poskytnutí odborných rad, věcné připomínky, ochotu a vstřícný přístup během zpracování této práce.

Poděkování tímto patří i dalším kolegům z řad vyučujících z katedry konstruování strojů a katedry materiálů.

Samozřejmě velké poděkování náleží celé mé rodině za podporu, trpělivost a povzbuzování po celou dobu mého studia.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kulová	Jméno Kristýna	
STUDIJNÍ OBOR	B2341 Design průmyslové techniky		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Mazínová	Jméno Ívana	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Výběr materiálu z hlediska designu průmyslové techniky		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	45	TEXTOVÁ ČÁST	32	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce se zabývá problematikou výběru materiálu od počátečního návrhu designu k samotnému výběru materiálu. V práci jsou rozepsány jednotlivé kroky, kterými je nutné se zabývat při navrhování nového produktu a následného výběru materiálu pro daný produkt. Vlastní příklad popisuje řešenou problematiku volby designu v průmyslové technice dle profesora M.F. Ashbyho a následnou volbu materiálu pomocí materiálových map databázového systému CES EduPack společnosti Granta Design Limited.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	produktový design, průmyslový design, volba designu, volba materiálu, konstrukční proces, mapy materiálů

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Kulova	Name Kristyna	
FIELD OF STUDY	B2341 Industrial design		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Mazinova	Name Ivana	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Selection of material for the Industrial Design		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	45	TEXT PART	32	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis deals with the design from initial design to the material selection. This work describes the individual steps that need to be concerned with designing a new product and the consequent material selection for the product. Own example describes the solved issues of selection design in industrial technology according to Professor MF Ashby and subsequent material selection by material map database system CES EduPack company Granta Design Limited.
KEY WORDS	product design, industrial design, selection of design, material selection, process design, materials maps

Obsah

Důležité fyzikální veličiny a jejich jednotky.....	8
Úvod.....	9
1. Volba v závislosti na designu	10
1.1 Postup navrhování.....	11
2. Konstrukční proces.....	15
2.1 Postup navrhování.....	15
2.2 Vstupy nástrojů a materiálových dat.....	18
2.3 Závislost při výběru materiálu.....	20
3. Metodika výběru materiálů.....	21
3.1 Strategie výběru.....	22
3.1.1 Materiálové vlastnosti.....	22
3.1.2 Materiálové indikátory.....	23
3.1.3 Případová studie.....	23
4. Vlastní příklad.....	26
4.1 Volba designu.....	26
4.1.1 Zasazení do kontextu.....	26
4.1.2 Použitelnost.....	27
4.1.3 Zosobnění produktu.....	27
4.2 Návrhy produktu.....	28
4.3 Konečný návrh.....	29
4.4 Redesign pro nový trh.....	30
4.4.1 Design představující hru.....	31
4.4.2 Design představující boje a války.....	31
4.5 Výběr materiálu.....	32
4.5.1 Vytyčení omezení a cílů.....	32
4.5.2 Omezení v materiálových mapách.....	33
4.5.3 Cíle v materiálových mapách.....	36

4.5.4 Dokumentace materiálů.....	37
Závěr.....	41
Použitá literatura.....	42
Seznam tabulek.....	42
Seznam ilustrací.....	43

Důležité fyzikální veličiny a jejich jednotky

NÁZEV VELIČINY				
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
délka	l, L	m	$l, L,$ $a, b, c, d \dots$	mm, m, μm , km
šířka	b		b, B, \dots	
výška	h		h, H, \dots	
tloušťka	d, δ		t, \dots	
délka dráhy	s		s, \dots	
vzdálenost	d, r		$l, L,$ $a, b, c, d \dots$	
kartézské souřadnice	x, y, z		x, y, z	
plocha	$A, (S)$	m^2	S	mm^2, m^2
objem	V	m^3	V	mm^3, m^3
(zrychlení volného pádu), gravitační zrychlení	g	m/s^2	g	m/s^2
hmotnost	m	kg	m	kg
(objemová hmotnost), hustota (hmotnosti)	ρ	kg/m^3	ρ	kg/m^3
síla	F	N	F	N
tlak	p	Pa	p	MPa
normálové napětí	σ		σ	
poměrné prodloužení	ε, e	1	ε	1
modul pružnosti v tahu	E	Pa	E	MPa
modul pružn. ve smyku	G		G	
výkon	P	W	P	W, kW, MW
účinnost	η	1	η	1
dovolená hodnota pro tlak	p_D	Pa	p_D	MPa
mez kluzu pro normálová napětí	σ_k		σ_k	
dovolená hodnota pro stat. normál. napětí	σ_D		σ_D	
bezpečnost	s, k	1	s	1

Úvod

Koupíte si raději kvalitní výrobek, který sice vydrží spoustu let, ale je ohyzdný. Proto se na něj rozhodně netoužíte dívat a vytahujete ho ze skříně pouze v době nutné pro použití. Nebo „jak se říká šmejd“ ze kterého budete mít radost a bude vám přinášet potěšení?

Materiál ovlivňuje téměř všechny konstrukční vlastnosti, ale mimo to záleží i na estetických vlastnostech. Je tedy nutné dívat se na produkt jako celek, neboť veškeré procesy od návrhu, po konstrukci až k samotnému produktu spolu souvisí.

Při samotném výběru materiálu je nutno postupovat systematicky. K tomu slouží unikátní databáze materiálových vlastností profesora Michala F. Ashbyho z Cambridgské univerzity a následná selekce materiálu je pomocí materiálových map databázového systému CES EduPack společnosti Granta Design Limited.

Závěrem práce je z hlediska průmyslového designu a volby materiálu vypracovaná případová studie robotického vysavače.

1. Volba v závislosti na designu

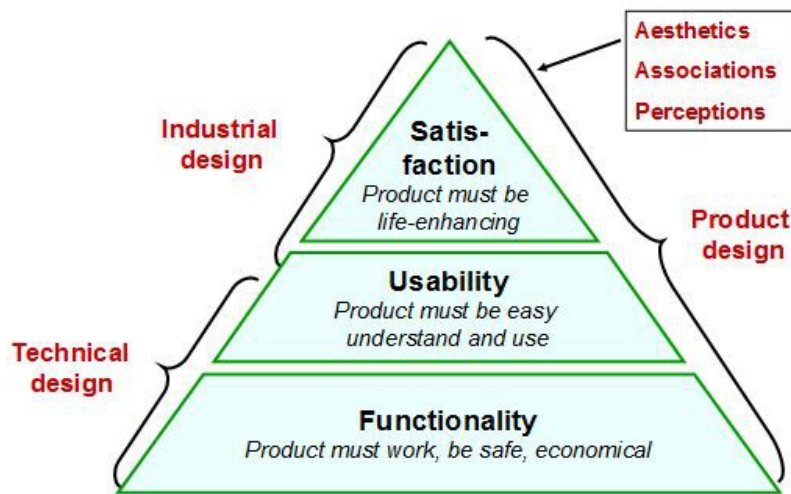
Technický i průmyslový design, oba určují hodnotu, kterou je spotřebitel ochoten za daný výrobek zaplatit. Už jen samotný průmyslový design umožňuje být na trhu unikátní a tím rapidně zvyšovat hodnotu produktu. Proto je velice důležité zaměřit se při návrhu i na působení daného kusu na člověka, protože zákazník si raději koupí produkt, který na něj bude příjemně působit, bude mu dělat radost, nebo například bude mít luxusní vzhled a tím dávat ostatním najevo, že si může daný produkt dovolit (papírové stínítko vs. křišťálový lustr). Hodnotu produktu tedy určuje technický a průmyslový design, ale skutečnou cenu, to jest cena za kterou je nabízen spotřebiteli, určuje technický design, výroba a materiál. Nejnižší jsou pak skutečné náklady na výrobu. Z toho lze snadno rozeznat, že s dobrým designem roste hodnota produktu.

Proč je tedy průmyslový design tak důležitý? Samozřejmě mnohonásobně zvyšuje hodnotu produktu, ale mezi hlavní důvody patří nasycení trhu. Dnešní trh je doslova zahlcený stovkami typů výrobku, a právě průmyslový design umožňuje rozdílnost na trhu. Díky němu se produkty mohou zařadit do určité skupiny spotřebitelů.

Dalším důvodem je vytvoření firemní image. Průmyslový design tím vytváří loajalitu ke značce a spotřebitelé tak snadno rozpoznají váš produkt mezi stovkami jinými. Letecké společnosti například používají pro svůj personál uniformy v jejich barvách a stylu, což pomáhá ke snadnému zapamatování.

Snad nejdůležitějším důvodem je celkové životní prostředí, jak daný produkt působí na člověka. Produkty jsou všude kolem vás, ve vašem domě, kde s nimi žijete, a pokud jsou nějakým způsobem potěšující, přinášejí uspokojení, pak mohou zlepšit kvalitu vašeho života. V opačném případě, když vás budou dráždit, pak kvalitu života snižují a vy si budete přát se těchto produktů akorát zbavit.

Z ilustrace 1 je patrné, že samotný průmyslový design se nachází až na vrcholku pyramidy produktového designu. Právě základem této pyramidy je pak technický design, funkčnost a použitelnost produktu. [4][5]



Ilustrace 1: pyramida produktového designu [4]

Technický design zajišťuje funkčnost a použitelnost produktu, toho lze dosáhnout dobrým technickým návrhem, správným výběrem materiálu a výrobním procesem. Pod pojmem funkčnost si lze představit, že produkt musí pracovat, být bezpečný a ekonomický.

Použitelnost produktu představuje především snadnou obsluhu a použití. Správné použití bez následných zdravotních komplikací je zkoumáno interakcí s lidským tělem – biometrií člověka (pohyb, pracovní výška, držení těla, rozpětí, síla zvedání), interakcí s myslí – srozumitelností (texty, ikony, zvukové signály, vizuální signály, tlačítka) a interakcí s životním prostředím člověka (hluk, chvění, osvětlení, podnebí, Toxicita).

Naopak průmyslový design, výrobku jako takového se zabývá jakýmsi uspokojením, působením na člověka a získávání různých ocenění. K tomu aby výrobek přinášel uspokojení, je zapotřebí podrobněji zkoumat estetiku, asociaci produktu a jeho vnímání. Estetika produktu má za úkol apelovat na smysly člověka (zrak, sluch, cítit, chuť, vůně). Asociace předkládá otázky: „Co vám to připomíná? Co navrhujete?“. Výslednou reakci pak zachycuje vnímání produktu jako celku.

1.1 Postup navrhování

Při postupu navrhování je zásadní přemýšlet o zasazení produktu do kontextu (ilustrace 2). Pro koho bude daný produkt určen, kde a kdy bude používán a proč. To jsou otázky, které je nutno řešit jako první, jsou také nazývány pravidlem 5W (who, what, when, where, why).

Who (kdo) – je nutné vědět, pro koho je daná věc navrhována, neboť každý má jiné potřeby, jiné hodnoty, které mu přinášejí uspokojení. Designér musí vědět, zda-li je produkt pro muže, ženu, dítě nebo starého člověka. Zda se jedná např. o sportovně založeného jedince, či nikoliv.

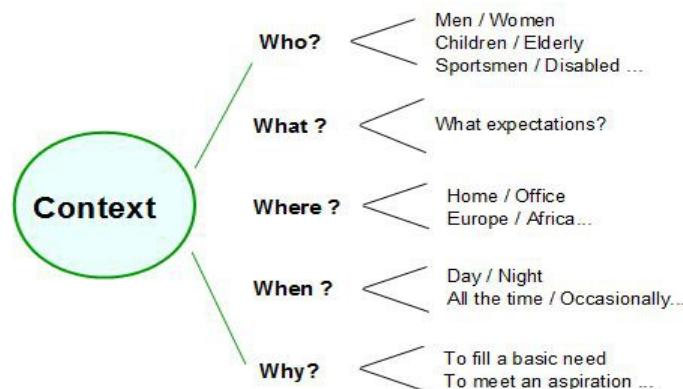
What (co) – do značné míry souvisí s funkčností, je možné si pod tím představit, co bude produkt dělat, pokud vůbec.

Where (kde) – kde bude produkt používán, zda doma nebo v kanceláři. Celosvětově je možné si položit tuto otázku na jakém kontinentě se bude využívat. Nebude se produkt používat pro humanitní účely?

When (kdy) – bude se produkt využívat ve dne, či v noci? Bude v provozu příležitostně nebo po celou dobu?

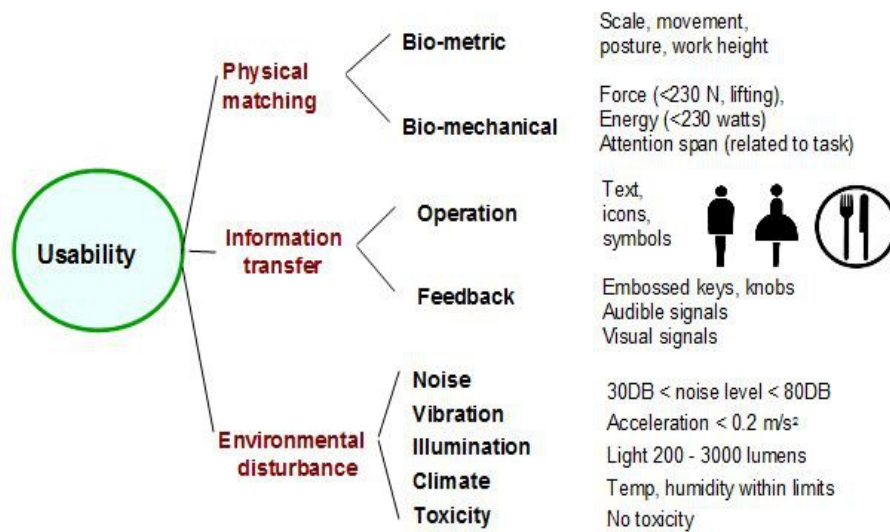
Why (proč) - proč si myslíte, že by lidé chtěli koupit výrobek, je to o splnění základní potřeby, nebo aby naplňovaly aspiraci?

Stanovení kontextu není navrhnutí produktu, ale stanovuje rozhodnutí, která budou následně provedena. Pokud tedy máme kontext, můžeme nyní vytvořit samotný produkt. K tomu je potřeba něčeho hmatatelného, materiálu (kov, keramika, polymery, kompozity) a za využití procesů ho lze formovat v jednotný celek. Toto celé, tedy to čeho se lze dotknout, se nazývá fyziologií produktu, jejíž význam bude objasněn později. [4]



Ilustrace 2: zasazení produktu do kontextu [4]

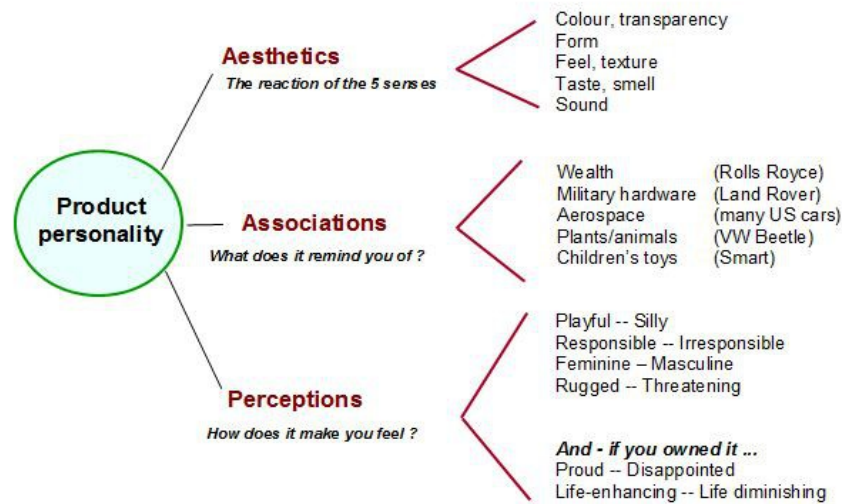
Dalším krokem je použitelnost produktu (ilustrace 3), která souvisí s biometrií a biomechanikou . Jak velký a rozměrný člověk může produkt použít, zda produkt unese váhu člověka a jaké síly může člověk uplatnit. Také se sem řadí přenos informací, zda jsou použité texty, ikony, či různé panely, audio signály a vizuální signály. Zda-li produkt nenarušuje životní prostředí například hlukem, přílišnou světelností, nebo toxicitou. [4]



Ilustrace 3: znázornění použitelnosti produktu [4]

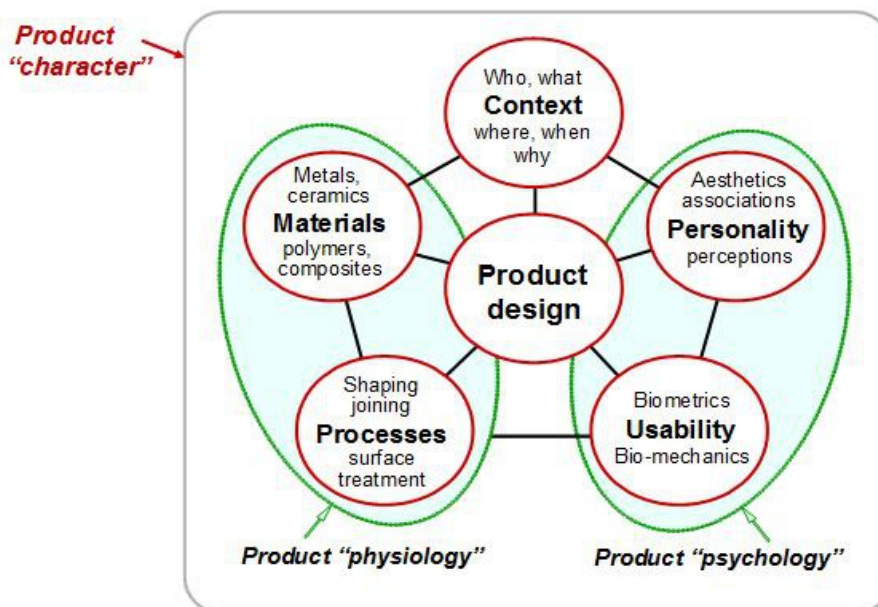
Poslední oblastí je zosobnění produktu, což souvisí s estetikou, asociacemi a vnímáním (ilustrace 4). Anestetika si člověk vezme, pokud chce potlačit své vnímání, většinou se s nimi člověk setká v přípravcích tlumících bolest. Opakem anestetika je estetika, ta naopak smysly stimuluje. Výrobek tedy může nějakým způsobem stimulovat smysly a dopřát tím spotřebiteli potěšení, ať už se jedná o zrak, sluch, hmat, chuť, či vůni. [4][5]

Asociace, nebo-li co vám to připomíná? Co to naznačuje? Jako příklad zde mohou být uvedeny různé značky aut. Rolls-Royce může být asociací k bohatství, Jeep, či Land Rover připomíná vojenskou techniku a Volkswagen new beetle alias „brouk“ svým tvarem opravdu připomíná brouka. Asociace se týkají především skupiny, či více lidí. Naopak je tomu u vnímání. Vnímání se vyznačuje tím, že apeluje na vaši reakci jakožto jedince. Jaká bude vaše reakce? Jak se budete cítit? Stejný produkt může na dva lidi působit naprosto rozdílně. Jednomu bude připadat produkt úžasný, zatímco jiný ho bude považovat za hloupý. To samé v případě koupě auta s vyšší spotřebou. Jeden člověk bude nadšený, že si může dovolit auto, které si jen tak někdo nekoupí. Jiný na to může shlížet jako nezodpovědné, protože spotřebovává moc benzínu a plýtvá neobnovitelným zdrojem.



Ilustrace 4: znázornění zosobnění produktu [4]

Použitelnost a zosobnění produktu jako celek lze nazvat psychologií produktu. Je to ta část, která není přesně hmatatelná, ale má jakési kouzlo, které předává pouze na vás. Na ilustraci 5 je vidět, že veškerá tato odvětví (kontext, materiál, použitelnost, proces vytváření, zosobnění) spolu souvisí. Všechny jsou přímo propojené a vzájemně ovlivňují výsledný produkt. [4][5]



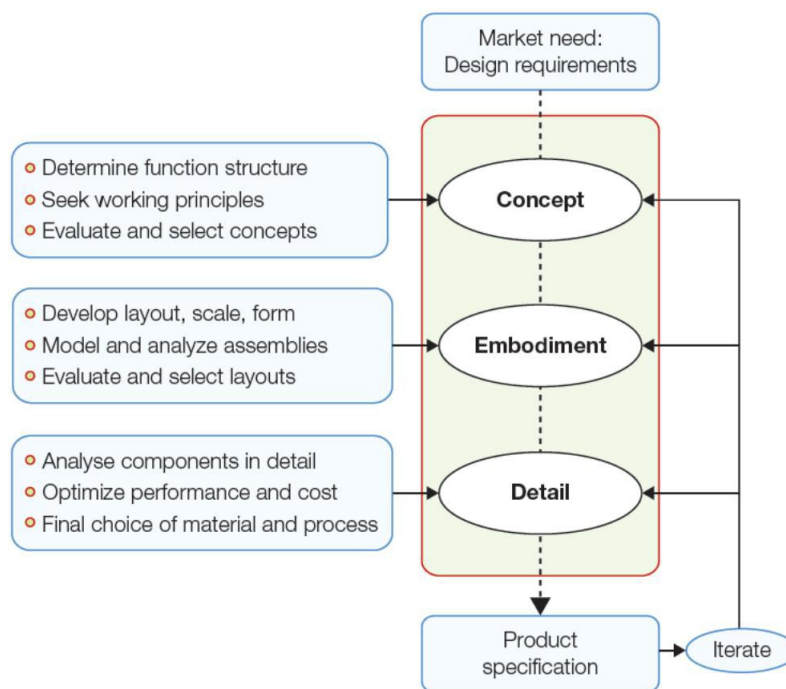
Ilustrace 5: utvoření charakteru produktu [4]

V pyramidě na začátku práce bylo uvedeno, že produkt musí primárně přinášet uspokojení. Dalšími patry pak bylo použití a funkčnost. Spodní patro funkčnost se zabývá tím, že výrobek musí pracovat bezpečně a hospodárně. To vyžaduje řádný technický návrh, správnou volbu materiálů a správně zvolený výrobní proces, k čemuž nám pomáhá spousta nástrojů, především počítačové programy. Prostředním patrem pyramidy je použitelnost, výrobek musí být snadno ovladatelný a snadný na pochopení. Setkáme se zde se třemi aspekty jako je interakce s lidským tělem, myslí a lidským prostředím, nyní se velmi zkoumají. Posledním patrem a zároveň vrcholem pyramidy je uspokojení. Znamená to, že výrobek musí člověka nějakým způsobem obohatit, což je v souvislosti se třemi slovy: estetika, asociace, vnímání.

To však skutečně důležité, jak bude produkt sestaven, jak bude pracovat a z jakých bude materiálů, je konstrukce. Metodika konstrukčního procesu bude přiblížena v následujících kapitolách.

2. Konstrukční proces

Konstrukční proces se zabývá vytvořením sestavy, která bude fungovat na základě fyzikálních principů. Cílem je vyvinout metodiku výběru materiálů, která bude vedena průběhem navrhování, tj., při výběru se jako vstupní data užívají funkční požadavky konstrukce.

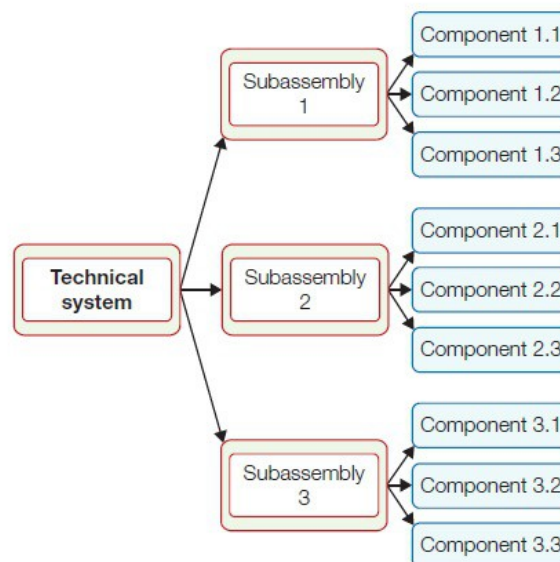


Ilustrace 6: znázornění konstrukčního procesu [1]

2.1 Postup navrhování

Základem procesu navrhování je stanovení potřeb trhu, nebo nová myšlenka. Výsledkem, by měla být úplná specifikace tohoto produktu. Stanovením potřeb trhu se jednoduše vyjádří

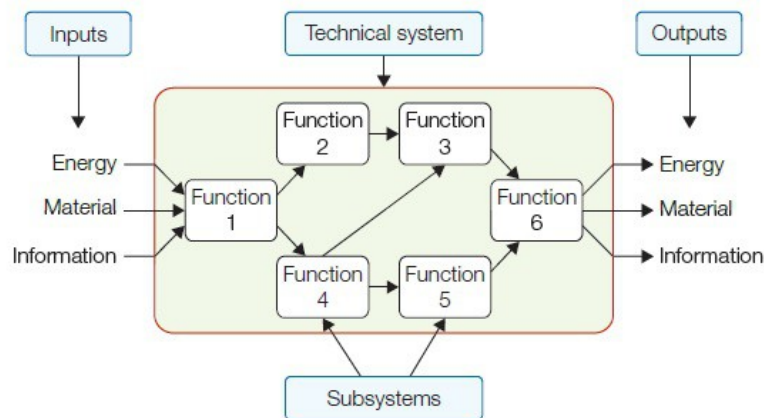
konstrukční požadavky, to se může znázornit např. takto: „je požadováno zařízení, které splní úkol X“. Bohužel nelze jen říci, že bude vymyšleno zařízení, které bude vykonávat určitou potřebu a na trhu se bude dobře prodávat. Mezi konstrukčními požadavky a požadavky trhu je ještě několik fází tzv. konstrukčního procesu, které jsou uvedeny na ilustraci 6. Konstrukční proces je ztvárněn těmito fázemi: koncept, ztělesnění a detail. V konceptu je vytyčena funkční struktura, je určeno, na jakých principech bude zařízení fungovat a následně je uděláno vyhodnocení a vybere se nejlépe vyhovující koncept. Ztělesnění představuje vytvoření návrhu, analýzy sestav a modelů včetně měřítka. Následné vyhodnocení návrhů a opět výběr nejlépe vyhovujícího. Fáze detailního zpracování se skládá z podrobné analýzy komponentů, z optimalizace výkonu a ceny a konečného výběru materiálu. [1]



Ilustrace 7: složení technického systému [1]

Samotný produkt je nazýván technickým systémem. Jak znázorňuje ilustrace 7, technický systém se skládá z podsestav a ty se skládají z jednotlivých komponentů. Výběr materiálů a procesů je prováděn na úrovni jednotlivých komponentů, kdy každý z nich je vyráběn různou metodou a s různým materiálem. Pro samotný návrh se ale hodí rozklad založený na principech systémové analýzy.

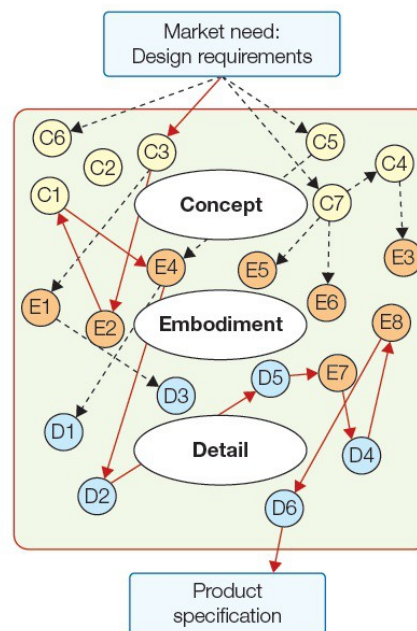
Systémová analýza technického systému je ztvárněna jako převod určitých vstupů (informací, materiálu a energie) na výstupy. Například elektrický motor převádí elektrickou energii na mechanickou, kovací lis přeformuje materiál, poplašné zařízení proti vloupání shromažďuje informace a převádí je na hluk. Technický systém je zde rozdělen na propojené podsystémy – tzv. funkční strukturu, která vykonává specifické funkce (ilustrace 8). Funkční struktura umožňuje systematický způsob hodnocení návrhu. Tento přístup pomáhá vzniku netradičních návrhů řešení. [1]



Ilustrace 8: systémová analýza technického systému [1]

Proces navrhování pokračuje rozvíjením konceptů tak, aby vykonávaly funkce vycházející z funkční struktury. Všechny koncepty musí být založené na principech fungování. Tato koncepční fáze navrhování nechává všechny možnosti otevřené, vše záleží na rozhodnutí konstruktéra, kterým směrem se vydá.

V další fázi, provedení, jsou vybrány slibné koncepty a analyzuje se jejich činnost na přibližné úrovni. Jedná se o dimenzování a výběr materiálu součásti, která bude přenášet dané zatížení, pracovat za určitých provozních teplot a bude splňovat požadavky s ohledem na životní prostředí. Fáze provedení končí určením proveditelného uspořádání, které je pak předáno fázi podrobného návrhu řešení. Zde jsou vypracovány specifikace pro každou součást. Kritické součásti jsou podrobeny přesné termické, nebo mechanické analýze. Pro maximalizaci výkonu jsou na součásti, či na celé skupiny aplikovány optimalizační metody. Provádí se konečný výběr technologických postupů, výrobního materiálu a následné vyčíslení nákladů. [1]



Ilustrace 9: proces specifikace produktu [1]

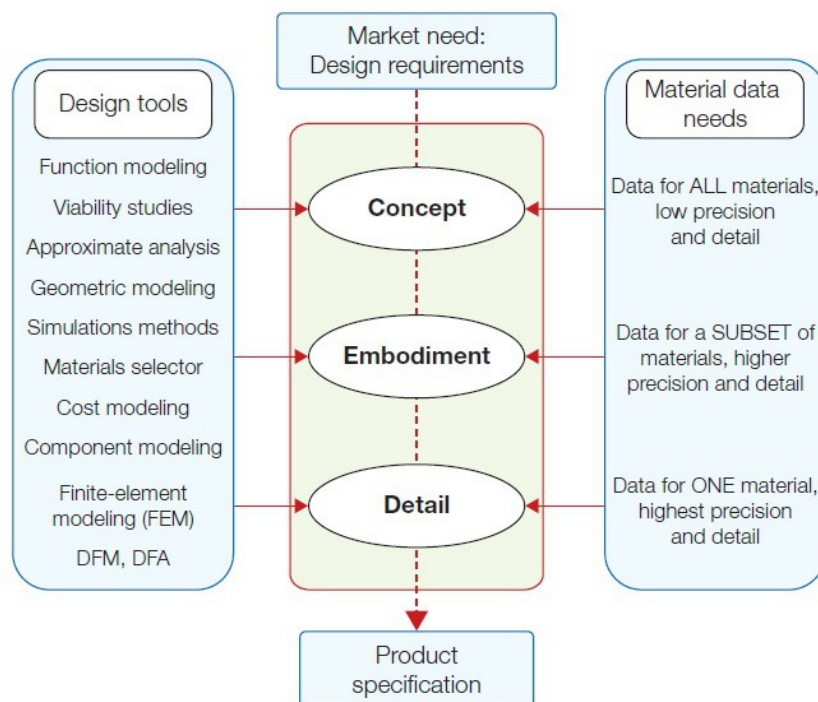
Lineární proces navrhování se zdá být celkem jednoduchý. Ale důsledky učiněné při volbě konceptu, nebo provedení, se plně projeví až při vyšetření detailu. Proto nezbytnou součástí procesu navrhování je iterace, skok zpátky (opakování), prozkoumání dalších alternativ. Je nutno myslet na každou z mnoha možných voleb, která by mohla být provedena jako na pole kuličky znázorněného na ilustraci 9. Zde C1, C2..jsou možné koncepty, E1, E2..možné provedení a D1, D2..detailní zpracování. Proces konstrukce sestává z vytváření cest spojující jednotlivé kompatibilní kuličkové pole až do úplného propojení, tedy od potřeb trhu až do specifikace produktu. Čárkovanou čarou jsou naznačeny slepé cesty procesu navrhování. [1]

2.2 Vstupy nástrojů a materiálových dat

Pro realizaci kroků na ilustraci 6, je využito návrhových nástrojů. Ty jsou zobrazeny na ilustraci 10 vlevo jako vstupy do hlavní větve konstrukční metodiky. Tyto nástroje umožňují modelování a optimalizaci procesu navrhování, usnadňují rutinní aspekty jednotlivých fází. Pomocí funkčního modelování je navrhována životaschopná funkční struktura. Konfigurací optimalizace jsou navrhovány nebo vylepšovány tvary. Geometrické a 3D modelovací programy umožňují vizualizaci a vytváření souborů (dat), které lze stáhnout na číselně řízené prototypy a výrobní systémy. K minimalizaci nákladů jsou používány nástroje typu DFM (Design for Manufacture – konstruování s ohledem na výrobu), DFA (Design for Assembly - konstruování s ohledem na montáž) a počítačové programy pro odhadování nákladů. Nástroje DFM a DFA mají dopomoci k tomu, aby byly produkty konstruovány tak, že jejich výrobní a montážní náklady dosáhnou minima. Programové balíčky pro simulaci dějů jako je FEM

(Finite Element Method – metoda konečných prvků) a CFD (Computational Fluid Dynamics – počítačová simulace dynamiky tekutin) umožňují přesnou mechanickou a teplotní analýzu. Vlastní výběr používání nástrojů se odvíjí od procesu navrhování. V koncepční fázi probíhá přibližná analýza a modelování, optimalizace probíhá ve fázi provedení a přesná (ne vždy se však podaří udělat zcela přesná) analýza probíhá ve fázi detailního rozpracování. [1]

Nástroje pro výběr materiálu hrají hlavní roli v každé fázi návrhu. Povaha dat potřebných v raných fázích se výrazně liší co do úrovně přesnosti a šíře výběru od potřeby později, ilustrace 10 vpravo. V koncepční fázi konstruktér potřebuje přibližné hodnoty vlastností, ale pro co nejširší možné spektrum materiálů. V této fázi jsou všechny možnosti otevřené: polymer může být nejlepší volbou pro jedno pojetí výběru, kov pro další, a to i přesto, že funkce je stejná. Problém v této fázi není přesný výběr, ale rozsah a rychlost získání informací. O tom, jak širokou škálu dat o materiálech má konstruktér posuzovat, aby měl dostatečnou volnost výběru a přitom neztrácel čas.



Ilustrace 10: detailněji znázorněný konstrukční proces [1]

Ve fázi provedení se rozsah výběru materiálů zúží. Zde je potřeba údajů určité podmnožiny materiálů, ale detailnější a přesnější, než ve fázi předchozí. Ty se nacházejí ve více odborných příručkách a softwarech, které se zabývají pouze jednou skupinou, nebo podskupinou materiálů, např. kovy nebo jen hliníkové slitiny. Nyní nastává riziko, že se zúžením rozsahu ztratí ze zřetele jiná skupina materiálů. Pokud bychom ve fázi detailního rozpracování zjistili, že náš výběr materiálu zcela nevyhovuje zadaným kritériím, je potřeba se vrátit do fáze

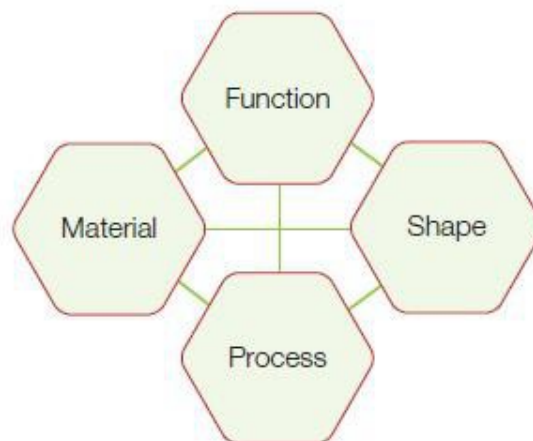
konceptu a detailněji prozkoumat jinou třídu nebo podtřídu materiálů, zda by se nenašlo lepší řešení.

V poslední fázi detailního rozpracování návrhu je potřeba nalézt detailní informace pro jeden, či několik málo materiálů. Tyto informace jsou udávány v materiálových listech od samotného výrobce, nebo je můžeme nalézt v podrobných databázích pro omezené třídy materiálů. Daný materiál, např. polyethylen, má řadu vlastností, které jsou odvozeny od způsobu výroby, tudíž každý dodavatel může mít trochu odlišné vlastnosti. V této fázi je proto zapotřebí vybrat konkrétního dodavatele a zjistit přesné vlastnosti daného materiálu. Je vhodné provést ještě materiálové zkoušky na vzorku, aby se zjistily kritické hodnoty vlastností.

Vstupní informace o materiálu nekončí se zajištěním výroby. Produkty, které selžou za provozu, přinášejí další cenné informace o vlastnostech materiálu. Je proto rozumné shromažďovat a analyzovat údaje o selhání. Analýza často ukáže nesprávné použití materiálu, které se eliminuje novým výběrem materiálu. [1]

2.3 Závislost při výběru materiálu

Výběr materiálu je svázán s procesem a volbou tvaru. Při tvoření tvaru je materiál podroben procesům, které se společně nazývají výroba. Mezi ně patří procesy primární tvarování (např. odlévání a kování), odstraňování materiálu (obrábění, vrtání), spojovací procesy (např. svařování) a dokončovací procesy (např. leštění). Jak je vidět na ilustraci 11, funkce, materiál, tvar a proces se navzájem ovlivňují. Funkce udává výběr materiálu i tvaru. Materiálová volba ovlivňuje proces skrze materiálovou schopnost být lité, lisovaný, svařovaný, či tepelně ošetřený. Proces je ovlivňován tvarem, velikostí, přesností a cenou. Toto vzájemné ovlivňování je obousměrné. Specifikace tvaru omezuje výběr materiálu a procesu, ale stejně tak specifikace procesu omezuje výběr materiálu a tvaru. [1]

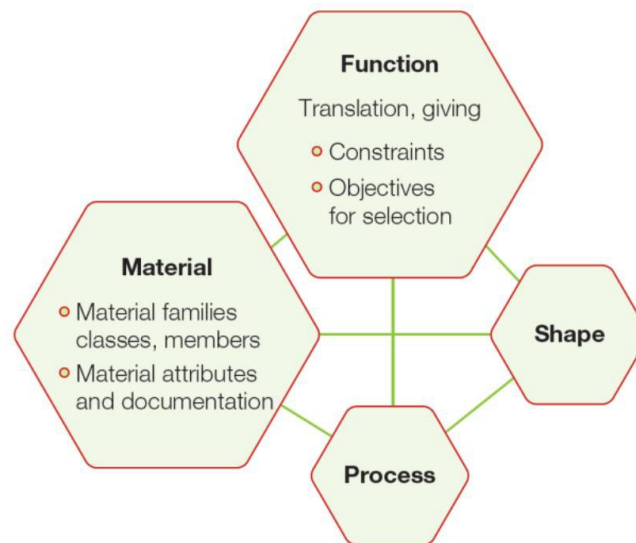


Ilustrace 11: vztah funkce, tvaru, procesu a materiálu [1]

Interakce mezi funkcí, materiálem, tvarem a výrobním procesem leží uprostřed procesu výběru materiálu (ilustrace 11).

3. Metodika výběru materiálů

Výběr materiálu je ovlivněn hned několika parametry – funkcí, tvarem a výrobním procesem, které se mohou vzájemně ovlivňovat. Tudíž musíme brát v úvahu, jakou bude mít součást funkci, dále její konstrukční provedení a jakou technologií se bude vyrábět. [1]



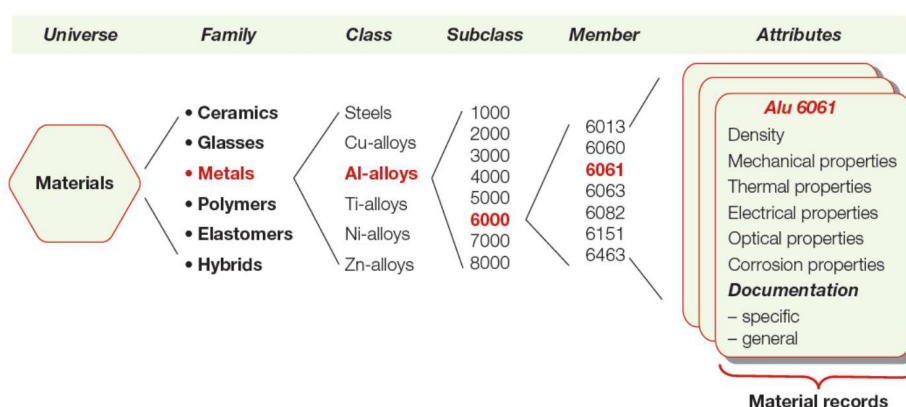
*Ilustrace 12: vztah funkce, tvaru, procesu a materiálu
v oblasti vlastního výběru materiálu [1]*

Hlavním parametrem při navrhování součásti je funkce, která je definována našimi požadavky. Ty pak následně ovlivňují tvar součásti a volbu vhodného materiálu. Stejně tak zvolený materiál závisí na funkci a výrobní technologii. Když bude řečeno, že jako materiál bude použito dřevo, pak ale nemůže být odléváný a nemohou být vyráběny tvarově složité prvky. Funkce, tvar součásti, použitá technologie a užitý materiál jsou mezi sebou provázány a navzájem se ovlivňují. Tato provázanost musí být proto uvažováno při samotném výběru materiálu (ilustrace 12).

3.1 Strategie výběru

3.1.1 Materiálové vlastnosti

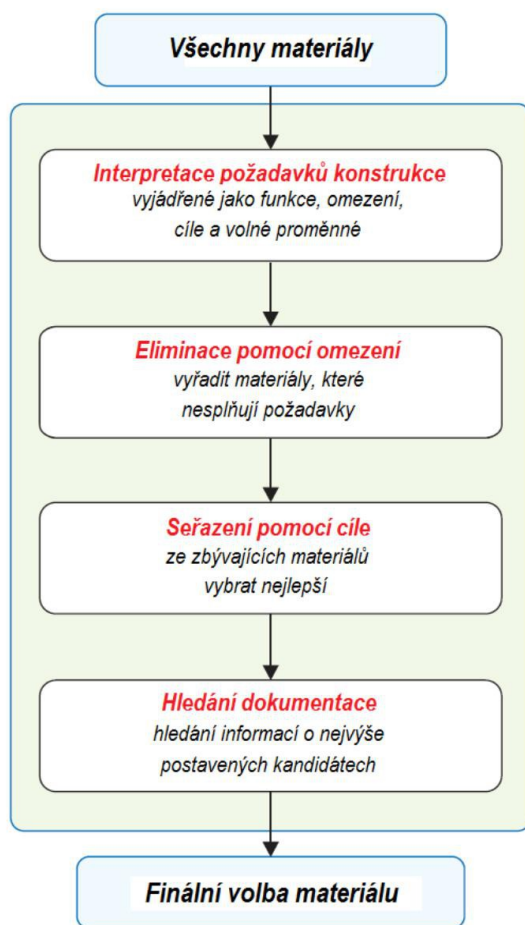
Při výběru materiálu je možné vybírat z obrovské škály materiálů. Každý z materiálů se dále dělí na své skupiny, podskupiny a členy, kde každý z členů má svou specifickou množinu vlastností – materiálový profil vlastností (ilustrace 13). Výběr materiálu lze popsat jako hledání nejlepší shody mezi množinou vlastností a požadavky konstrukce. [1]



Ilustrace 13: dělení materiálů [1]

Samotnou strategii výběru materiálu lze rozdělit do čtyř kroků (ilustrace 14). Nejprve je potřeba vyjádřit požadavky konstrukce na jednotlivé funkce, omezení a cíle. Tento krok se nazývá interpretace požadavků konstrukce. Dále nastává eliminace, což sestává v selekci materiálů, které nesplňují jednotlivé požadavky na omezení. Poté následuje seřazení, srovnání zbývajících materiálů podle míry dosažení cíle. Posledním krokem je prozkoumat slibné kandidáty do hloubky, např. zjistit, kde se v současnosti používají, případové studie nehod, a jak s nimi nejlépe konstruovat. Tento krok se nazývá dokumentace. [1]

Interpretace požadavků konstrukce je stanovení funkce, omezení, cíle a volné proměnné naší navrhované součásti. Díky tomu se vymezí oblast uvažovaných materiálů. Konstrukce svými požadavky stanoví funkce na danou součást tak, aby součást splňovala funkci, ke které byla navrhována. Vytyčí se omezení, což jsou podmínky, které musí být splněny. Pojmem cíl je určováno, jaký parametr chceme maximalizovat nebo naopak minimalizovat. Cílem součásti může být například vyrobit ji co nejlehčí, nejlevnější, či různé kombinace specifikací. Volné proměnné jsou pak parametry, které můžeme změnit, abychom se přiblížili danému cíli.[1]



Ilustrace 14: proces volby materiálu [1]

Nastává eliminace pomocí omezení v předchozím kroku. Vyfiltrují se všechny materiály, které nesplňují jednu, či více podmínek. Je důležité, aby pro výběr vhodného materiálu vstupovaly do této fáze všechny materiály a všechny byly považované za možné kandidáty, dokud nebude prokázáno, že jsou nevhodné.[1]

Po eliminaci máme na výběr z mnoha materiálů, které by mohly být použity. Nicméně je jich stále mnoho a je nutno je seřadit tak, aby ty nejlepší byly na seznamu v prvních pozicích. Tento krok se nazývá seřazení pomocí cíle. Materiály se jednoduše seřadí pomocí podmínek cíle, tzn. podle parametru, který si přejeme minimalizovat, nebo naopak maximalizovat. Z tohoto seznamu se vyberou první tři až čtyři materiály, které nejvíce vyhovují pro zadanou součást, a provede se dokumentace. [1]

Dokumentace spočívá ve vyhledání informací o vybraných materiálech. Vytváří se grafy a využívají se různé studie o prozatímním použití materiálu. Finální volba také závisí na místních podmínkách – zkušenosti zaměstnanců, dostupné vybavení a dostupnost u lokálních zaměstnanců. Díky

této dokumentaci, se pak snáze rozhodneme pro vhodný materiál. [1]

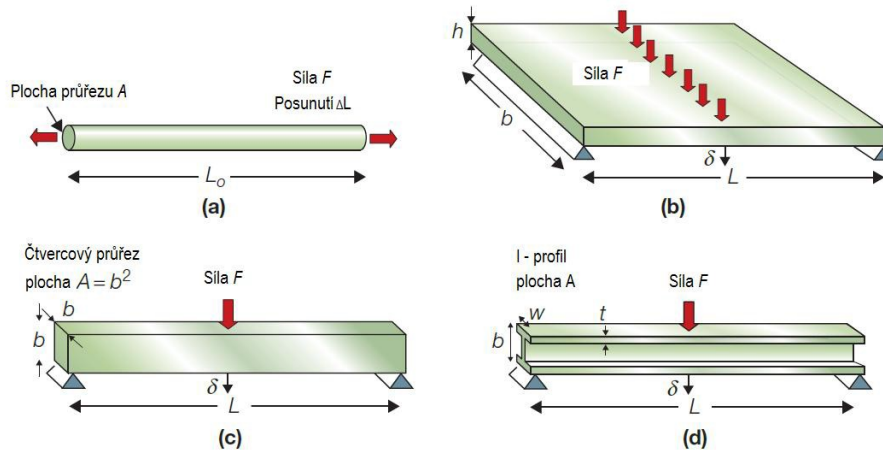
3.1.2 Materiálové indikátory

V případě, že cíl není svázán s omezením, z prosté materiálové vlastnosti se stává materiálový indikátor. Pokud je cíl svázán s více omezeními, indikátorem je skupina vlastností. Lze to jednoduše vysvětlit pomocí obrázku 19, kde jsou zobrazeny elementární mechanické části. Každá z těchto částí vyniká svou „unikátní vlastností“: prut přenáší tahovou sílu, nosníky a desky přenášejí ohybové momenty a hřídele krouťící moment. Zde se právě objevují omezení a cíle odpovídající materiálovým indikátorům. [1]

3.1.3 Případová studie

Omezení je zde dáno délkou a pevností prutu s cílem vyrobit prut s co možná nejnižší hmotností. Tzn.: prut se zadanou délkou L (dána geometrickým tvarem) musí přenést tahovou

sílu F a zároveň být co nejlehčí. Plocha průřezu a volba materiálu jsou zde volné proměnné a můžeme je měnit dle potřeb s ohledem na omezení a cíle. [1]



Ilustrace 15: elementární mechanické části [1]

Při hledání omezení je nutné nejprve sestavit rovnici cílové funkce, tj. rovnici popisující veličinu, kterou chceme maximalizovat, nebo minimalizovat. Zde je to hmotnost m , kterou je potřeba minimalizovat.

$$m = AL\rho$$

Kde A je plocha průřezu a ρ hustota použitého materiálu. Délka L a síla F jsou dané. Hmotnost je možné zmenšit zmenšením volně proměnného průřezu A , ale je tu omezení: Průřez A musí být dostatečný pro přenos síly F , což znamená:

$$\frac{F}{A} \leq \sigma$$

Kde σ určuje pevnost v tahu.

$$m \geq (F^*) (L) \left(\frac{\rho}{\sigma_f} \right) \leftarrow \text{Materiálové vlastnosti}$$

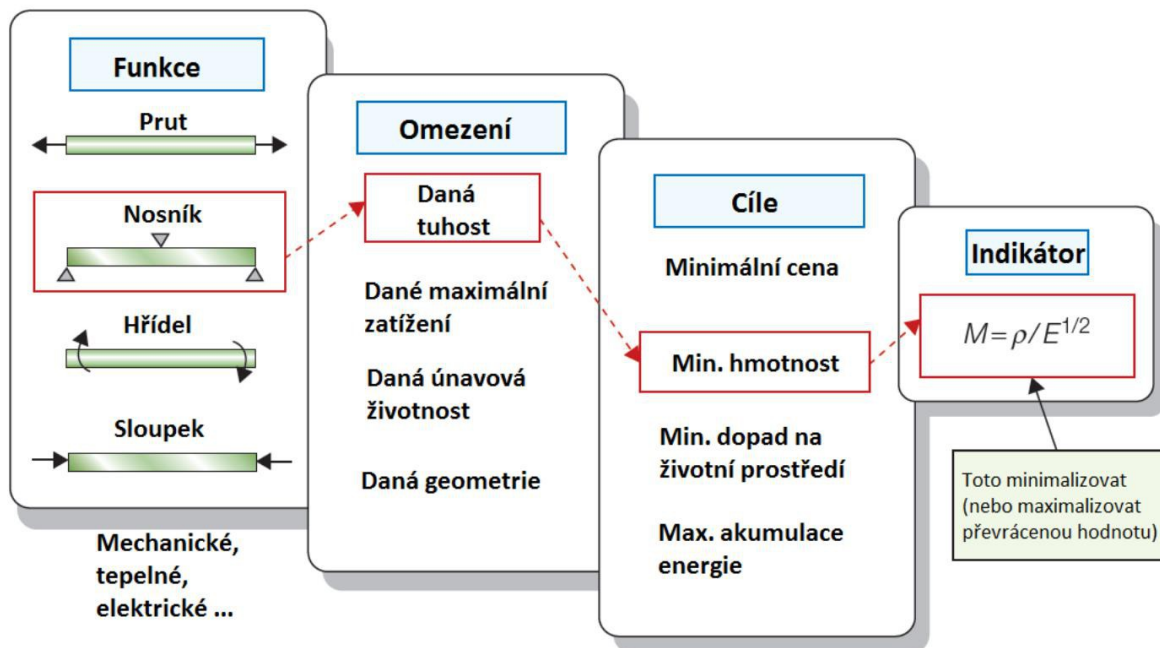
↑ Funkční omezení ↑ Geometrické omezení

Po dosažení jedné rovnice do druhé je vyjádřena hmotnost, kterou je potřeba minimalizovat. První závorka zobrazuje funkční omezení (zatížení F), druhá geometrické omezení (délku prutu L) a poslední materiálové vlastnosti (ρ/σ). Nejlehčí nosník, který přeneše F bezpečně je vyroben z materiálu s nejmenším poměrem (ρ/σ). To můžeme prohlásit za materiálový indikátor a hledat minimum. Více obvyklé je ale hledat maximální hodnoty vlastností, proto

bude vyjádřena převrácená hodnota a hledané v tomto případě bude maximum. Materiálový index MpI pak definujeme jako:

$$MpI = \left(\frac{\sigma}{\rho}\right)$$

Obecněji je cesta k materiálovému indikátoru znázorněna na obrázku.. Ukazuje , že každá kombinace funkce, omezení a cíle vede k určitému materiálovému indikátoru. Ten tedy vlastně charakterizuje různé kombinace a tím i výslednou funkci komponentu. [1]



Ilustrace 16: cesta k materiálovému indikátoru [1]

4. Vlastní příklad

Jako vlastní příklad byl vytvořen koncept robotického vysavače s výsledným výběrem materiálu. Při návrhu bylo postupováno systematicky od návrhu designu, pomocí kontextu, použitelnosti a zosobnění až k samotnému výběru materiálu.

4.1 Volba designu

4.1.1 Zasazení do kontextu

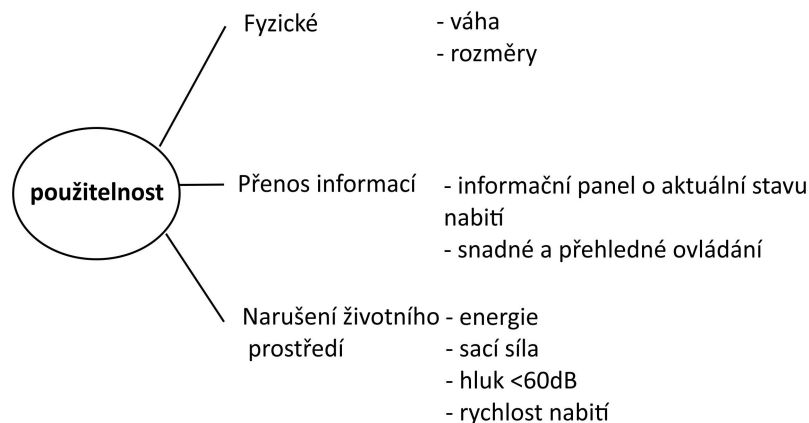
Jak bylo řečeno, nejprve je nutné zasadit daný produkt do kontextu. Kdo bude produkt používat. První myšlenka při návrhu byla spojit zábavné s užitečným a usnadnit tak ženám práci v domácnosti, tudíž produkt je určen především mužům a dětem. Dalším bodem byla, co vlastně je očekáváno od produktu. Jelikož produkt má sloužit k vysávání, bylo logické požadovat dokonalé vysátí jakékoliv podlahové krytiny. Snadné ovládání, které zvládnou i děti, pro které je mimochodem produkt určen a zajímavý vzhled, který zaujme a navnadí tak k jinak neoblíbené činnosti. Bylo očekáváno, že produkt bude sloužit výhradně pro domácí použití, vysávání dlažby, kobereců, plovoucích podlah aj. V celosvětovém užívání, je možné vytyčit užívání produktu pro Evropské země, s možným expandováním do jiných rozvojových zemí po celém světě. Laicky řečeno: „Například v Afrických a jiných rozvojových zemích, kde není využito podlahových krytin obecně, není možné využívat tento produkt.“. Časové využívání produktu bude závislé na uživateli, tudíž není dáno výhradní časové použití. Dále se jím bude zabývat při konstrukci, kdy je nutné myslet na to, že je zapotřebí omezit hlučnost produktu, právě kvůli rušení nočního klidu. Jak již bylo řečeno, proč se vlastně bude produkt vyrábět je usnadnění domácích prací a spojení příjemného s užitečným. Na ilustraci 17 je zobrazen postup pro lepší pochopení.



Ilustrace 17: zasazení do kontextu

4.1.2 Použitelnost

Zde byly zohledňovány tři okruhy použitelnosti – fyzické, informační a souvislost se životním prostředím (ilustrace 18). K fyzické použitelnosti patří rozměry a váha vysavače. Má vysavač takové rozměry, které je schopno uchopit dítě? Má vysavač váhu, které je schopno unést dítě? Co se týče nádoby na prach, lze ji snadno vyndat a zase vrátit zpět? Nemusí se uživatel kolem vysavače plazit po kolenou aby nádobu vyndal? Informační prvky by měli být přehledné, mohou na nich být ikony, pro snadné pochopení. U tohoto vysavače to bylo vyřešeno přidáním ovladačem. Při poklesu baterie na minimální hodnotu mohou světla začít blikat, což upozorní uživatele. Případně by se mohl dát nastavit zvukový signál, při tomto tvaru vysavače je vhodné například troubení. Aby nedocházelo k narušení životního prostředí je nutné přijmout určitá opatření jako je snížení hlučnosti pod 60 decibelů. Další opatření se může týkat rychlosti nabíjení, kvůli snížení energie.



Ilustrace 18: použitelnost produktu

4.1.3 Zosobnění produktu

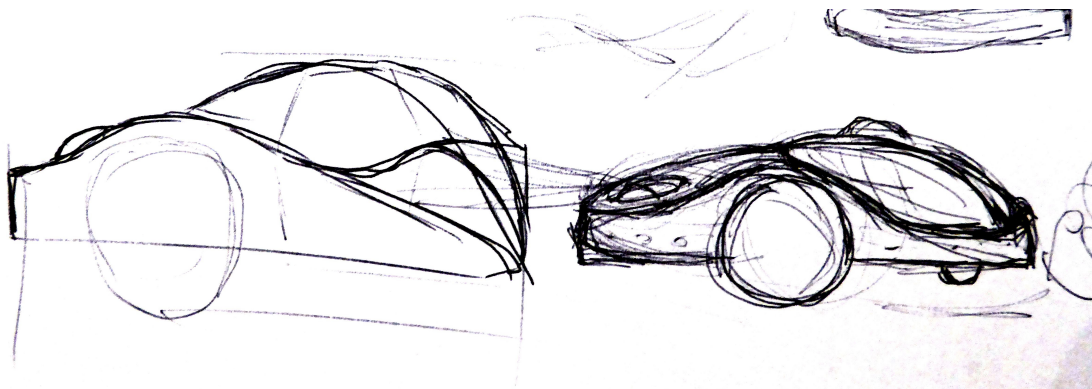
Zosobnění produktu, nebo-li přiřazení určité formy danému produktu (ilustrace 19). Jak bude výrobek vypadat, jak bude na člověka působit. Cílem bylo přinést potěšení. U výsledného produktu byla v tomto případě zvolena červená barva, která asociuje automobil značky Ferrari po kterém, jak je známo touží každý. Je představitelem bohatství a vykouzlí úsměv na tváři každému muži. Jak bylo řečeno, vnímání je u každého odlišné. Značka Ferrari je ale vnímána s vnitřní radostí a při vlastnění můžeme pocítit konečné naplnění, i když jde o pouhou věc.



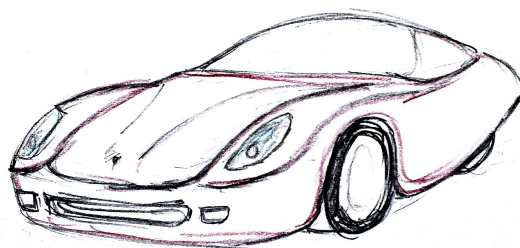
Ilustrace 19: zosobnění produktu

4.2 Návrhy produktu

Na následujících ilustracích budou uvedeny předběžné návrhy, které splňují veškerá daná kritéria.



Ilustrace 20: prvotní návrh robotického vysavače



Ilustrace 21: možný design robotického vysavače

4.3 Konečný návrh

Na dalších obrázcích je uveden konečný design produktu, na kterém byl dále prováděn výběr vlastního materiálu.



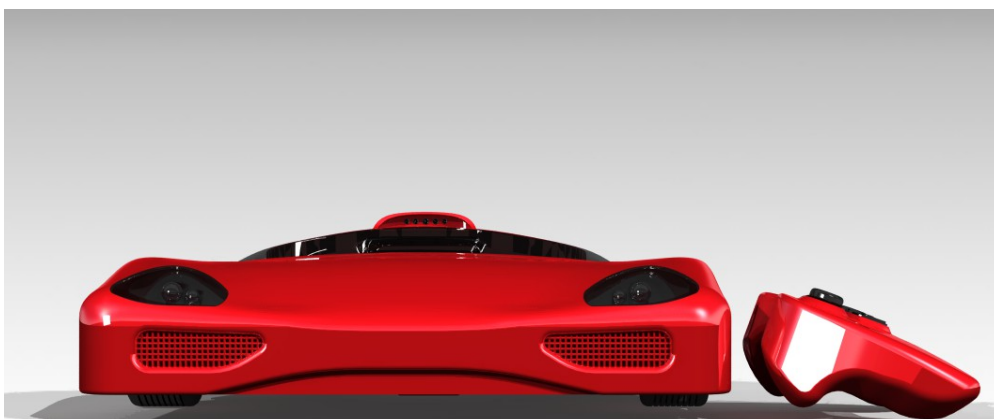
Ilustrace 22: výsledný design robotického vysavače



Ilustrace 23: výsledný design robotického vysavače, pohled zezadu



Ilustrace 24: výsledný design robotického vysavače s ovladačem



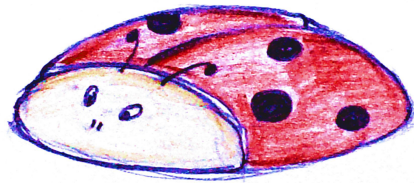
Ilustrace 25: výsledný design robotického vysavače, přední pohled

4.4 Redesign pro nový trh

Doposud bylo v práci znázorněno, jak vzniká produktový design. Nyní bude ještě vysvětleno jak funguje psychologie produktu, když na stejný produkt byl aplikován redesign (znovu navržení, přepracování návrhu). Je zde příklad dvou extrémů vypracování nového designu robotického vysavače, pro lepší pochopení.

4.4.1 Design představující hru

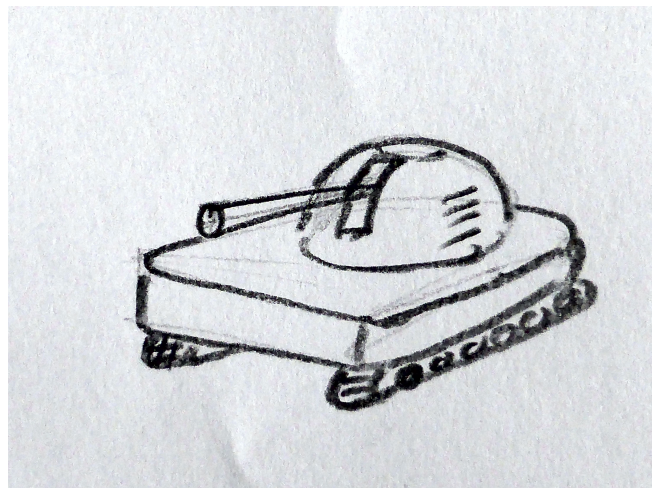
Pokud na stejný produkt bude aplikováno jiné zosobnění, výsledný produkt bude vnímán naprosto odlišně. Z estetického hlediska byly voleny jasné barvy a hladké křivky, forma odvozená od přírody může připomínat karikatury, či komiksy. Ve výsledném vnímání pak může být produkt popsán jako zábavný, veselý nebo hravý (ilustrace 26).



Ilustrace 26: redesign produktu představující hru

4.4.2 Design představující boje a války

Druhým extrémem je design vyvolávající v mnohých strach a obavy. Produkt působí celkově robustně a mnohým vnukuje na mysl asociace s armádním vozidlem. Esteticky pak produkt působí hranatým tvarem, matnou barvou odstínu vojenská zeleň a těžkým kovovým tělem (ilustrace 27).



Ilustrace 27: redesign produktu představující boje a války

4.5 Výběr materiálu

4.5.1 Vytyčení omezení a cílů

Dalším bodem vlastního příkladu byl samotný výběr materiálu. V této práci byl zkoumán materiál krytu vysavače, což je červená část vnějšího pláště na ilustraci 22. Nejprve byla určena funkce, v tomto případě byl zkoumán kryt, který má čistě krycí funkci. Dále byla stanovena omezení. Zde bylo zvoleno dané maximální zatížení a provozní teplota, kterou musí materiál vydržet. Teoreticky může při nárazu vznikat pružná deformace, ale rychlost pohybu vysavače a hmotnost nejsou tak veliké, tudíž je možno jí zanedbat. Maximální dovolené zatížení bylo zvoleno tak, aby produkt vydržel, pokud na něj stoupne člověk o hmotnosti 80 kg přední částí plochy chodidla. Bylo vypočteno tlakové napětí σ_{kt} , které je hodnotou zátěžové síly F vztaženou na působenou plochu S . Zde byla hodnota síly F odvozena pomocí jednotek Newton, což je také $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. Proto váhu člověka o hodnotě 80kg působící na gravitační pole Země zrychlením $9,81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, lze uvést jako 784,8 N (zaokrouhleno na 800N). Plocha S byla vypočtena jako ploška přední části chodidla zhruba o rozměrech 40 x 100 mm. Dále poměrem tlakového napětí a bezpečnosti bylo získáno maximální dovolené napětí.

$$\sigma_{kt} = \frac{F}{S} = \frac{800}{4000} = 0,2 \text{ MPa}$$

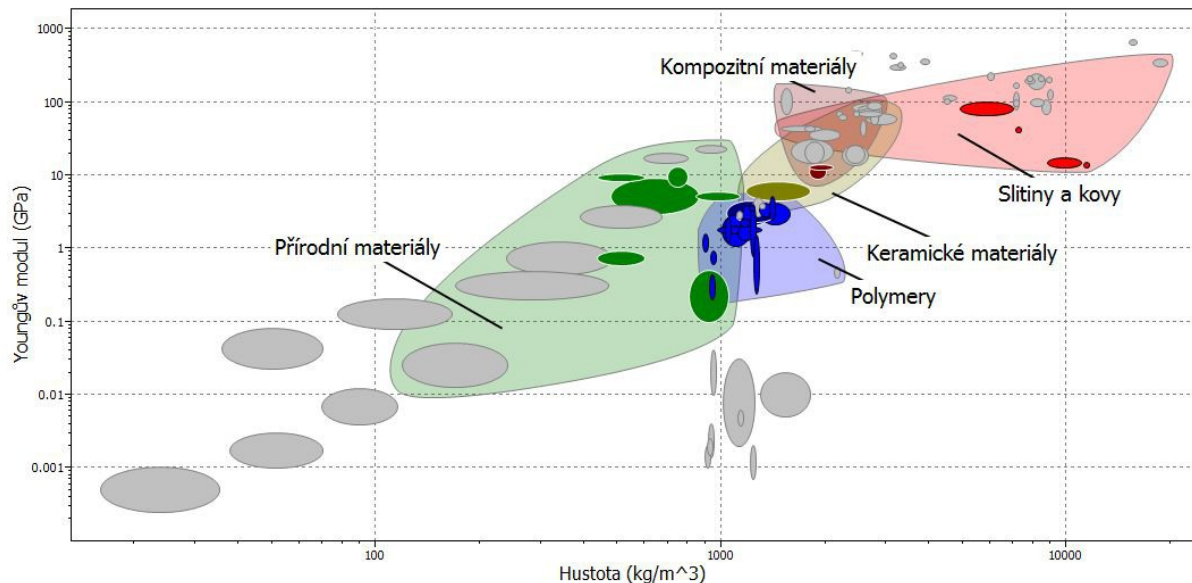
$$\sigma_D = \frac{\sigma_{kt}}{k} = \frac{0,2}{1,5} = 0,133 \text{ MPa} = 133 \text{ Pa} \quad \sigma_D = \frac{\sigma_{kt}}{k} = \frac{0,2}{3} = 0,066 \text{ MPa} = 66 \text{ Pa}$$

U výpočtu dovoleného napětí byla zavedena bezpečnost, která má také za úkol částečně eliminovat rázovou energii. Hodnoty bezpečnosti byly zvoleny pro výpočet dle uvážení 1,5 a 3 (bezrozměrné veličiny). Teplotním omezením byla myšlena teplota získaná ztrátou dle následující úvahy. Pokud bude účinnost vysavače 85%, pak zbytek budou ztráty, které vznikly přeměnou na teplo během procesu. Vzniklé teplo ohřívá kryt vysavače, což je důležitý aspekt při samotném výběru. Pokud nebude k motoru uvažováno i samostatné chlazení, teplotním omezením by mohla být zvolena hodnota mezi 40 a 50 °C. To je maximální možná teplota pro opatření, aby si dítě, či kdokoliv jiný nespálil ruku.

S ohledem na možné uživatele, kterými mohou být v domácnostech i děti, je důležitou otázkou hmotnost vysavače a možnost její minimalizace. Hmotnost lze účinně optimalizovat výběrem vhodného materiálu či úpravou jeho tloušťky, a to při zachování požadavků týkajících se zachování předepsaných hodnot mechanických vlastností. Z tohoto důvodu byla cílem samotného procesu zvolena minimalizace hmotnosti.

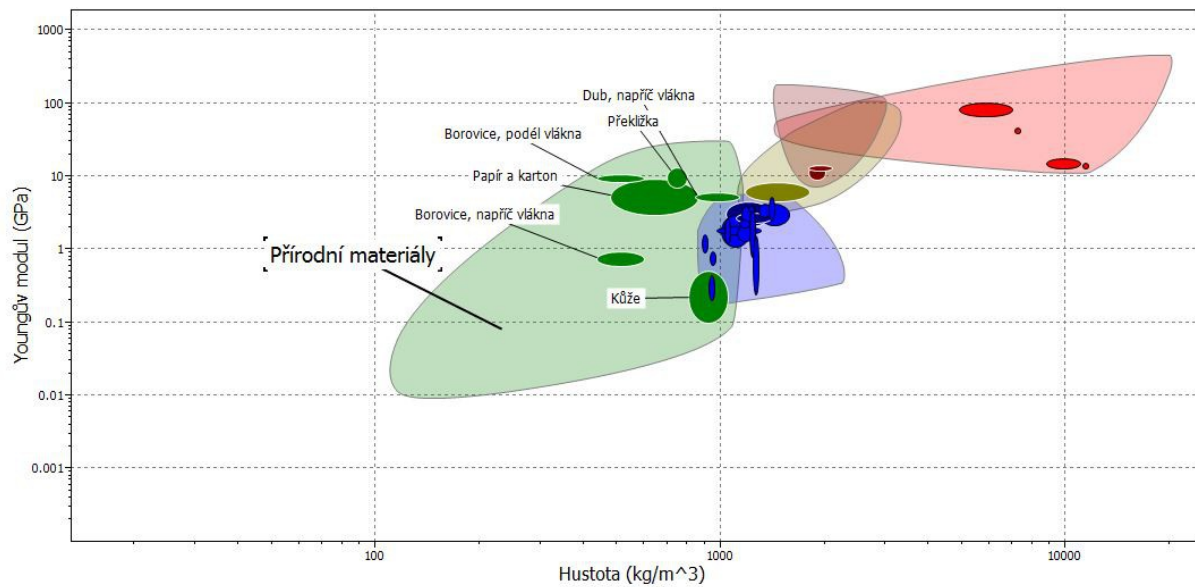
4.5.2 Omezení v materiálových mapách

Po zadání hodnot určující omezení, tj. pevnost vyšší než 66Pa (při vyšší bezpečnosti) a provozní teplota nižší než 50°C, do programu CES - Cambridge Engineering Selector, byl vytvořen graf oblastí třiceti možných materiálů, které lze použít. Mezi možné materiály byly zařazeny materiály ze skupin: přírodních materiálů, polymerů, kompozitních a keramických materiálů, slitin a kovů, jak je zobrazeno na ilustraci 28.



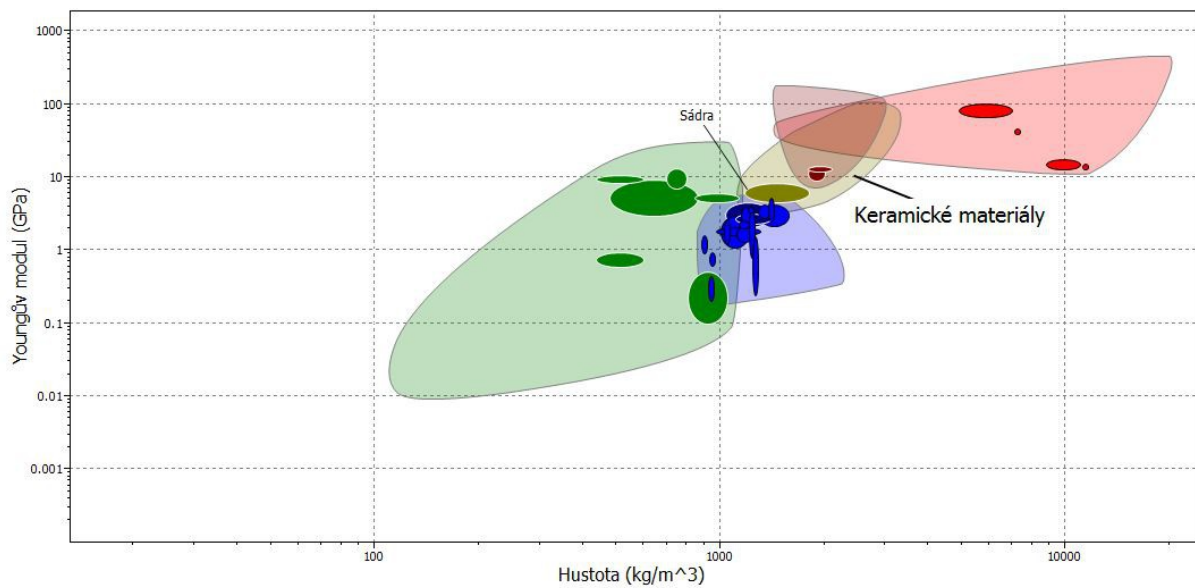
Ilustrace 28: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, skupiny možných materiálů

Mezi možnými materiály ze skupiny přírodních materiálů bylo nalezeno například dřevo, zejména pak borovicové či dubové, překližka, papír a karton, ale i kůže. Všechny tyto materiály splňují filtr omezení tahového a tlakového napětí, modulu pružnosti i provozní teplotu (ilustrace 29).



Ilustrace 29: graf závislosti hustoty na Youngově modulu, přírodní materiály možné k použití

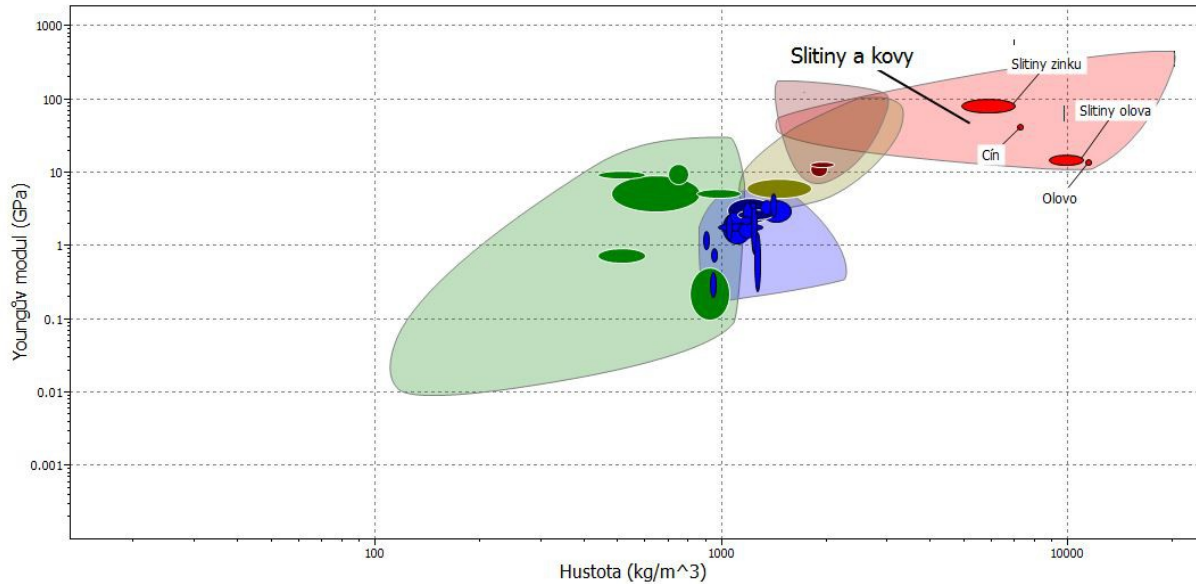
Dalším možným materiálem, který byl programem navržen je sádra používaná především na dekorační prvky zdi a k výrobě forem pro odlévání nízko tavitelných kovů (ilustrace 30).



Ilustrace 30: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, keramické materiály možné k použití

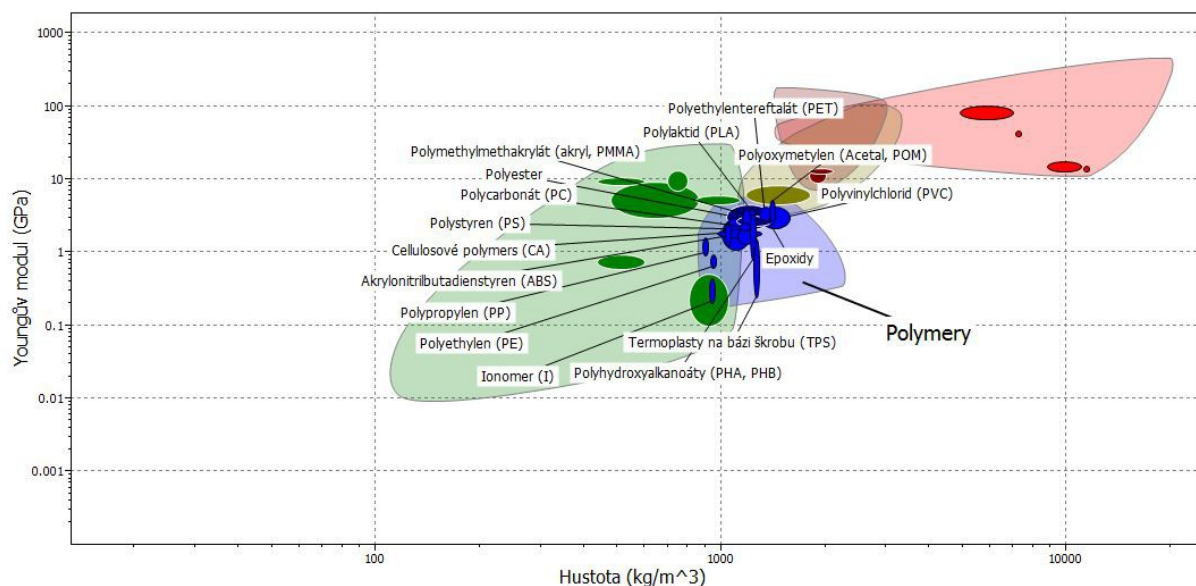
Další skupinou materiálů, které mohou být použity jsou kovy a jejich slitiny. Možnými, díky svým vlastnostem, mohou být: slitiny zinku, cín, slitiny olova a olovo samotné. Slitiny zinku

jsou např. ve velkém využívány v automobilovém průmyslu na různé díly, ozubená kola, či ventily (ilustrace 31).



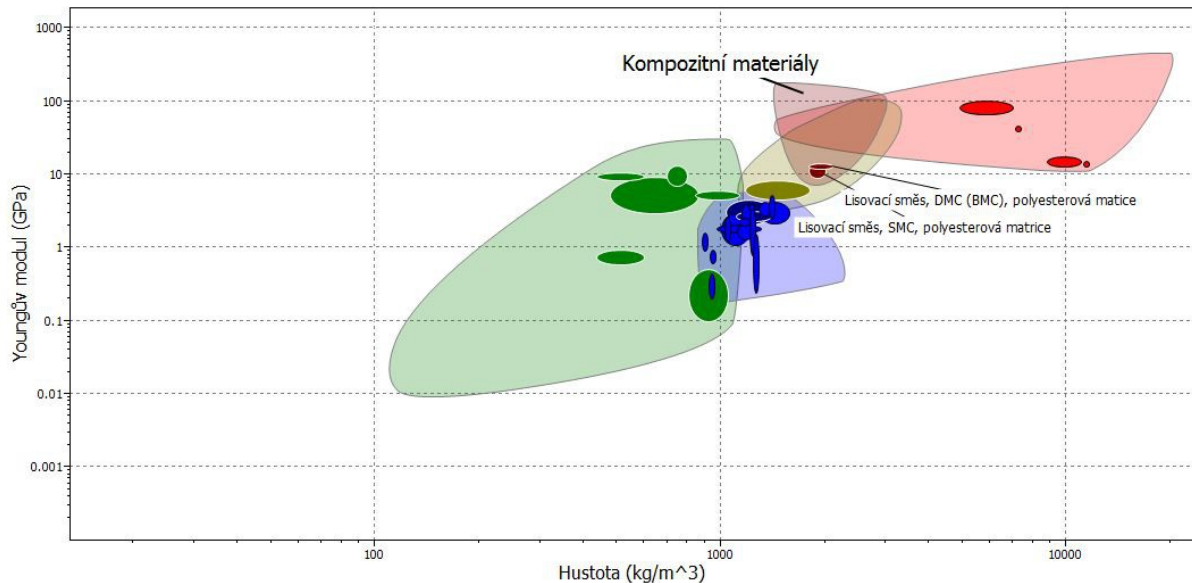
Ilustrace 31: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, kovy a slitiny možné k použití

Mezi skupinu s nejrozsáhlejším počtem možných materiálů se řadí polymery. V této skupině je možné nalézt mnoho vhodných materiálů. Některými z nich jsou například Akrylonitrilbutadienstyren (ABS), který je používán na různé hračky, bezpečnostní helmy a na panely do aut, nebo polypropylen (PP) uplatněn na kuchyňské náčiní a plastový nábytek (ilustrace 32).



Ilustrace 32: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, polymery vhodné k použití

V dnešní době začíná být značně využíváno kompozitních materiálů, které značně konkurují oceli. SMC i DMC jsou lisovací směsi polyesterové pryskyřice obsahující zahušťovadla a levné částice uhlíkatého vápenatého smíchaného s nasekanými vlákny, většinou skleněnými, které slouží k vytvoření jakéhosi listu. Ten je pak pod tlakem formován ve formě, kde vzniká požadovaná část. Nejčastěji se s nimi lze setkat u krytu telefonů, či dveřních klik. Mohou být použity i jako panely do aut (ilustrace 33).

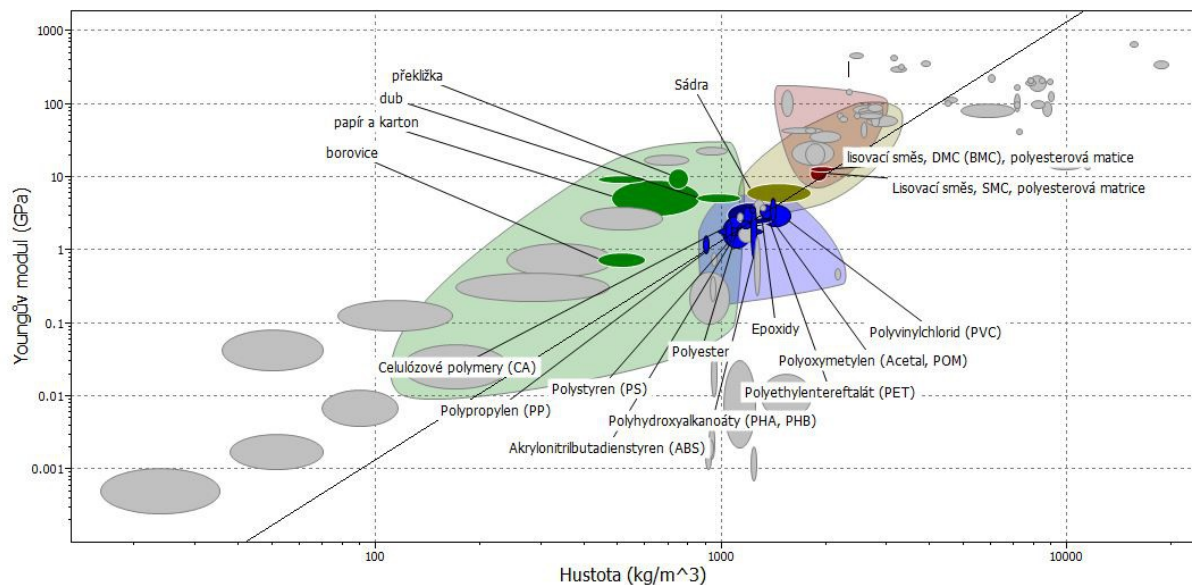


Ilustrace 33: graf závislosti hustoty na Youngově modulu, kompozitní materiály možné k použití

4.5.3 Cíle v materiálových mapách

Po stanovení omezení je zapotřebí stanovit cíle, což je v tomto případě redukce hmotnosti. Slouží k tomu křivka získaná logaritmováním funkce pro omezení hmotnosti, která vymezení oblast materiálů s vyšší hmotností a separuje je od možných na použití. V tomto případě je možné použít všechny doposud potenciální materiály, neboť všechny splňují podmínky omezení i cílů (ilustrace 34).

Tato křivka již pouze reguluje materiály se zbytečně vyššími hmotnostmi a z původních třiceti zbylo jen dvacet-jedna. Materiály ležící pod touto křivkou úplně vymizely, to znamená, že nejsou pro zamýšlené použití vhodné. Naopak materiály ležící přímo na křivce jsou těmi nejvhodnějšími.



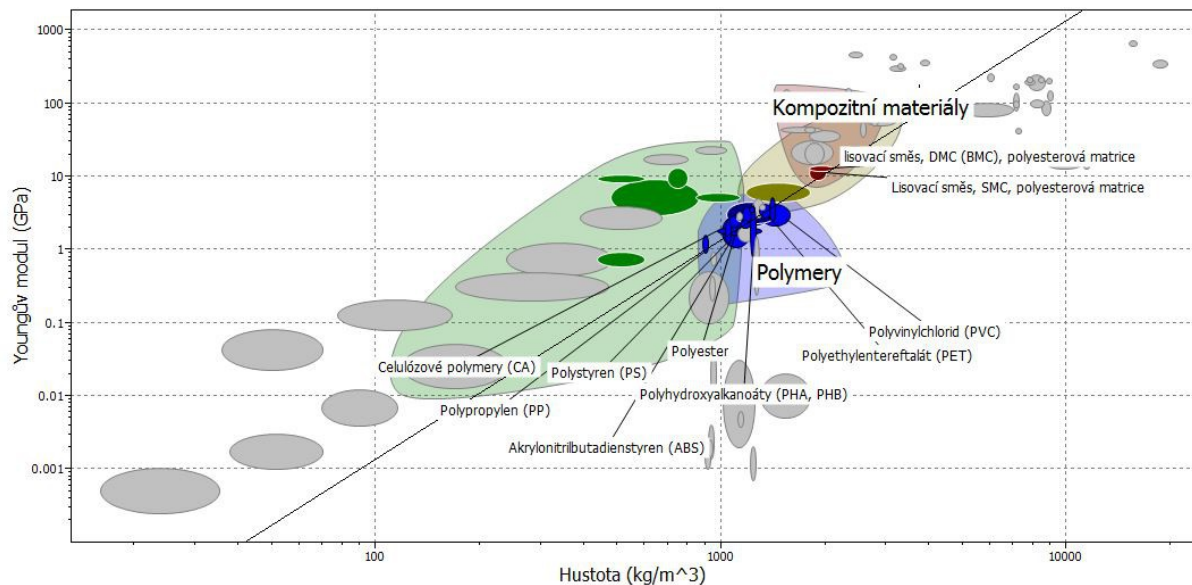
Ilustrace 34: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, materiály omezené logaritmickou křivkou

Jako každý program užitý ve výpočetní technice i tento má své nedostatky a chyby. Z vlastního uvážení by bylo vhodné v tomto programu použít tzv. poka-joke, což je systém který eliminuje chyby z nepozornosti. V této práci je toto úskalí viditelné například u přírodních materiálů, které sice díky svým vlastnostem odpovídají filtru omezení a cílů, ale nelze je využít z nějakých jiných důvodů. Kartonový vysavač může být sice dostatečně pevný, odolný, s naprosto minimální hmotností, ale přesto v praxi pro tyto aplikace nenašel uplatnění.

4.5.4 Dokumentace materiálů

Po vymezení těchto materiálů zůstalo jen pár možných z oblastí polymerů a kompozitních materiálů, na kterých byla provedena dokumentace a bližší zkoumání. Dokumentace byla sestavena do přehledné tabulky (tabulka 1), ve které jsou vidět vyznačující se vlastnosti, použití a stupeň recyklace (čím vyšší, tím hůř se recykluje). Díky dokumentaci a bližšímu zkoumání vlastností materiálů bylo možné vyřadit další část materiálů, které by mohly být zcela vhodné pro použití na tomto konkrétním případě (ilustrace 35).

Vyřadit bylo možné hned několik materiálů, které se z počátku jevily jako vhodné, ale kvůli nízkým provozním teplotám nebylo vhodné je použít. K vyřazení byl např. celulosový polymer, který má provozní teploty v rozmezí 53 - 89°C. Dalšími nevhodnými z důvodu nízké provozní teploty jsou Akrylonitrilbutadienstyren (ABS), Polyhydroxyalkanoáty (PHA, PHB), Polyethyltereftalát (PET) a Polyvinylchlorid (PVC). Při možném přehřátí vysavače by tyto materiály byly naprosto nevhodné.



Ilustrace 35: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, materiály určené k dokumentaci

Po sestavení tabulky eliminace dalších materiálů a seřazení dle cíle, bylo možné zjistit, že z vybraných materiálů má nejmenší hmotnost polypropylen (PP), což je polymer, který se mj. využívá na zahradní nábytek. Maximální teplota pro použití je 115°C, čímž je dvakrát překročena maximální dovolená teplota. Z informací o vlastnostech tohoto materiálu bylo zjištěno, že pro danou aplikaci je jeho pevnost dostačující (cca 55 MPa). Vyznačuje se lehkostí, tuhostí a vysokou intenzitou použitých barev. Také lze poměrně snadno recyklovat. Další materiál vhodný svými vlastnostmi je polystyren (PS). Svými mechanickými a teplotními vlastnostmi srovnatelný s polypropylenem, ovšem má o něco větší hmotnost. Své uplatnění nachází při výrobě obalů na CD a kazety. Dle tohoto použití bylo rozhodnuto, že není pro uvažovanou studii robotického vysavače vhodný. Dalším možným materiálem je polyester (PE), který se používá například na vrstvené konstrukce a konstrukce lodí. Vyznačuje se především vysokou tvrdostí a pevností. Provozní teplota polyesteru je 130 – 150°C, tedy pro uvažovaný případ zcela postačující.

Druhou skupinou použitelných materiálů byla skupina kompozitních materiálů. K dokumentaci byly vybrány lisovací směsi SMC a DMC, což jsou materiály na bázi pryskyřice vyztužené skleněnými vlákny. Jako konstrukční materiály jsou velmi tuhé a odolné proti otěru. Provozní teplota těchto materiálů činí pro případ SMC více než 110 °C, pro případ DMC více než 140°C. Mez pevnosti SMC přesahuje 240 MPa, mez pevnosti DMC přesahuje 140 MPa. Dnes jsou relativně levné a využívají se na dveřní kliky, obaly autobaterií a také na panely do automobilů.

Název	vlastnosti	použití	recyklace	hustota	provozní teplota
Polypropylen	Tuhý, lehký, tažný, vyhovující pevnost, použití intenzivních barev	Zahradní nábytek, kuchyňské konvice, nárazníky, kufry	5	890 – 910 Kg/m ³	100 – 115 °C
Celulozové polymery	Dobré mechanické vlastnosti, transparentní	Rukojeti nástrojů, volanty, koupelnové vybavení	7	980 – 1300 Kg/m ³	53 – 89 °C
Polystyren	Lehký, tuhý, tvrdý	Hračky, audio/video kazetové obaly	6	1040 – 1050 Kg/m ³	77 – 103 °C
Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)	Největší odolnost proti nárazu, drží barvy, i metalické; pružný, tvárný	Ochranné přilby, přístrojové panely v automobilech	7	1010 – 1210 Kg/m ³	62 – 77 °C
Polyhydroxyalkanoáty (PHA, PHB)	Netoxický, biologicky odbouratelný, drahý	lahve, kontejnery	7	1230 – 1250 Kg/m ³	60 – 80 °C
Polyestery	Malá hmotnost, nízká pevnost a síla	Vrstvené konstrukce, lodě, odlitky	Není možná	1040 – 1400 Kg/m ³	130 – 150 °C
Polyethylentereftalát (PET)	Tvárný, možnost sterilizace, dobré mech. vlastnosti	Elektrické kování a konektory, lahve, kontejnery, kreditní karty	1	1290 – 1400 Kg/m ³	68 – 80 °C
Polyvinylchlorid (PVC)	Těžší, tuhý, křehký; po transformaci měkký a pružný	Trubky, tvarovky, profily, zahradní hadice, zdravotnické trubky	3	1300 – 1580 Kg/m ³	60 – 70 °C

Lisovací směs SMC	Tuhý, odolný proti oděru, relativně levný	karosářské panely, zavazadla a balení	Není možná	1800 – 2000 Kg/m ³	180 – 220 °C
Lisovací směs DMC	Tuhý, odolný proti oděru, relativně levný	Obaly autobaterií, kliky dveří a otevírání oken u aut	Není možná	1800 – 2100 Kg/m ³	140 – 210 °C

Tabulka 1: dokumentace materiálů

Na základě vytvořené dokumentace materiálů by bylo velmi obtížné vybrat pro uvažovanou studii jeden konkrétní materiál. Důvodem by byla potřeba odzkoušení jednotlivých materiálů jak v laboratorních podmínkách, tak v praxi. Jako předběžný materiál pro konstrukci byl zvolen polypropylen a to z důvodu jeho užitných vlastností, kterými jsou například vysoká zkušenost s tímto materiálem v aplikacích podobného typu. Materiál dále disponuje schopností barvení ve vysoké škále odstínů, velmi nízkou hmotností a teplotou použití a dobrými mechanickými vlastnostmi. Další možnou alternativou by byly polyestery, SMC a DMC kompozitní směsi. Konkrétní výběr materiálů by byl proveden na základě provedení četného množství zkoušek.

Závěr

V bakalářské práci byla řešena problematika vzájemného vztahu mezi výběrem materiálu a designem průmyslové techniky. Protože materiál a design spolu úzce souvisí, byly v práci popsány jednotlivé zákonitosti, podle kterých je v běžné praxi vhodné postupovat, aby bylo dosaženo optimálních výsledků, jejichž nejdůležitějším výstupem je spokojený zákazník. V práci byly popsány postupy při návrhu designu, jimiž je krok po kroku vytvářen konečný produkt. Tyto postupy popisují jakým způsobem je třeba nahlížet na problematiku návrhu produktů tak, aby byly zohledněny nejdůležitější faktory, které se týkají otázek účelu jejich použití, cílových skupin uživatelů či podmínek za jakých budou produkty používány. Nedílnou součástí těchto popisů byla návaznost na otázku materiálu a vzájemné provázanosti s konstrukčními řešeními. Práce se dále zabývala podstatou metodiky výběru materiálu, která vycházela z popisu návrhového řešení. Účelem byl popis postupu vyhledání optimálního materiálu na základě informací přenesených z návrhu konstrukce a jejího designu. Jako příklad aplikace popisovaných pravidel a závislostí mezi průmyslovým designem a výběrem materiálu byla v bakalářské práci provedena případová studie, jejíž účelem byl návrh a konstrukce robotického vysavače a následný výběr vhodného materiálu pro výrobu jeho vnějšího pláště. Pro tyto účely byl vytvořen koncept robotického vysavače od skic po 3D model, jehož tvorba sledovala zmiňované zákonitosti popsaných postupů. Dále byla v případové studii řešena otázka výběru materiálu. Byla provedena specifikace okrajových podmínek, podle kterých byly materiály hodnoceny. Mezi tyto podmínky patřila požadovaná pevnost, maximální provozní teplota a minimální hmotnost. Postupným výběrem bylo vybráno několik vhodných kandidátů z oblasti plastů a kompozitních materiálů. Výběr konkrétního materiálu pro použití na výrobu vytvořeného robotického vysavače by však vyžadoval četné laboratorní a dále pak provozní zkoušky. Z toho důvodu bylo vytvořeno pouze doporučení pro výběr materiálu.

Použitá literatura

- [1] ASHBY, Mike. *Materials selection in mechanical design*. 4th ed. Butterworth-Heinemann, c2011, xv, 646 s. ISBN 978-1-85617-663-7.
- [2] ASHBY, Mike, JOHNSON, Kara. *Materials and design*. 2nd ed. Butterworth-Heinemann, c2010, 342 s. ISBN 978-1-85617-497-8.
- [3] ASHBY, Mike. *The Materials of Engineering*.
http://teachingresources.grantadesign.com/industrial_design-1/PPTMATEN15, 2010
- [4] ASHBY, Mike. *Materials in Industrial design*. Lecture-Unit 14, Granta , 2010
- [5] University of Toronto Engineering. *MSE 100th Anniversary Lecture Michael Ashby: Students and Industrial Design*,
<https://www.youtube.com/watch?v=C4xc6wHGV3o>, Granta, 2013
- [6] ASHBY, Mike. *Lecture-Unit1MaterialsofEngineering-MA-UOC-EN*. učební text, 2010
- [7] ASHBY, Mike. *Lecture-Unit3MaterialsSelection-MA-UOC-EN*. učební text, 2010
- [8] ASHBY, Mike. *Lecture-Unit4RankingMaterialIndices-MA-UOC-EN*. učební text, 2010
- [9] University of Toronto Engineering. *MSE 100th Anniversary Lecture Michael Ashby: What is Sustainable Technology?* <https://www.youtube.com/watch?v=FuQgxudvAmI>, Granta, 2013
- [10] ASHBY, Mike. *Materials and Shape*.
http://teachingresources.grantadesign.com/industrial_design-1/PPTSHAEN15, 2015

Seznam tabulek

Tabulka 1: dokumentace materiálů.....	40
---------------------------------------	----

Seznam ilustrací

Ilustrace 1: pyramida produktového designu [4].....	11
Ilustrace 2: zasazení produktu do kontextu [4].....	12
Ilustrace 3: znázornění použitelnosti produktu [4].....	13
Ilustrace 4: znázornění zosobnění produktu [4].....	14
Ilustrace 5: utvoření charakteru produktu [4].....	14
Ilustrace 6: znázornění konstrukčního procesu [1].....	15
Ilustrace 7: složení technického systému [1].....	16
Ilustrace 8: systémová analýza technického systému [1].....	17
Ilustrace 9: proces specifikace produktu [1].....	18
Ilustrace 10: detailněji znázorněný konstrukční proces [1].....	19
Ilustrace 11: vztah funkce, tvaru, procesu a materiálu [1].....	20
Ilustrace 12: vztah funkce, tvaru, procesu a materiálu v oblasti vlastního výběru materiálu [1].....	21
Ilustrace 13: dělení materiálů [1].....	22
Ilustrace 14: proces volby materiálu [1].....	23
Ilustrace 15: elementární mechanické části [1].....	24
Ilustrace 16: cesta k materiálovému indikátoru [1].....	25
Ilustrace 17: zasazení do kontextu	26
Ilustrace 18: použitelnost produktu	27
Ilustrace 19: zosobnění produktu	28
Ilustrace 20: prvotní návrh robotického vysavače.....	28
Ilustrace 21: možný design robotického vysavače.....	28
Ilustrace 22: výsledný design robotického vysavače.....	29
Ilustrace 23: výsledný design robotického vysavače, pohled zezadu.....	29
Ilustrace 24: výsledný design robotického vysavače s ovladačem.....	30
Ilustrace 25: výsledný design robotického vysavače, přední pohled.....	30
Ilustrace 26: redesign produktu představující hru	31
Ilustrace 27: redesign produktu představující boje a války	31
Ilustrace 28: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, skupiny možných materiálů	33
Ilustrace 29: graf závislosti hustoty na Youngově modulu, přírodní materiály možné k použití	34
Ilustrace 30: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, keramické materiály možné k použití	34
Ilustrace 31: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, kovy a slitiny možné k použití	35
Ilustrace 32: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, polymery vhodné k použití	35
Ilustrace 33: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, kompozitní materiály možné k použití	36
Ilustrace 34: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, materiály omezené logaritmickou křivkou	37
Ilustrace 35: graf závislosti hustoty na Youngovo modulu, materiály určené k dokumentaci.....	38