

Srovnání oceli a hliníkových slitin pro vulkanizační formy pneumatik.

Lukáš Kunderata

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš KUNDRATA**
Osobní číslo: **T10781**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Srovnání oceli a hliníkové slitiny pro vulkanizační formy pneumatik**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma**
- 2. Vypracujte technologický postup pro opakovatelnost zkoušky**
- 3. Naměřte síly potřebné k odtržení výlisku**
- 4. Vyhodnoťte a porovnejte získané data**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Adam Škrobák

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KUNDRATA LUKÁŠ

Obor: TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 14.5.2013


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávalečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²¹ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³¹ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídáne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá analýzou materiálů vhodných pro výrobu vulkanizačních forem na pneumatiky. Konkrétně se jedná se o hliníkové slitiny Al-Si₇ a Al-Mg₃. Teoretická část pojednává o základních pojmech gumárenského průmyslu, postupu výroby pryžových výrobků a konstrukci vulkanizačních forem na pneumatiky. Praktická část obsahuje vlastní experimenty, které zjišťují vhodnost použití hliníkových slitin k výrobě tvarových částí gumárenských forem.

Klíčová slova: Vulkanizace, forma, lis, kaučuk, ocel, hliník

ABSTRACT

This thesis deals with the analysis of materials suitable for the production of vulcanizing tire molds. Specifically, the aluminum alloy Al-Si₇ and Al-Mg₃. The theoretical part discusses about the basic concepts of the rubber industry, the manufacturing process of rubber products and construction of vulcanizing tire molds. The practical part contains experiments which investigate the suitability of the use of aluminum alloys for the production of molded parts of rubber molds.

Keywords: Vulcanization mold, molding, rubber, steel, aluminum

Poděkování:

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Adamu Škrobákovi za jeho rady a as, který mi v noval p i řešení dané problematiky. A hlavně bych rád poděkoval Ing. Martinu Kopovi za jeho odborné konzultace.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 11 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 12 |
| 1 HISTORIE GUMÁRENSKÉHO PRŮMYSLU | 13 |
| 2 KAUČUK | 14 |
| 2.1 PŘÍRODNÍ KAUČUK | 14 |
| 2.2 SYNTECKÝ KAUČUK | 16 |
| 3 KAUČUKOVÉ (GUMÁRENSKÉ) SMESICE | 18 |
| 3.1 PŘÍPRAVA GUMÁRENSKÝCH SMESIC | 19 |
| 3.1.1 První stupeň v hnacím stroji | 19 |
| 3.1.2 Druhý stupeň přípravy | 20 |
| 3.1.3 Třetí stupeň přípravy | 20 |
| 3.2 BĚHOUNOVÉ SMESICE | 20 |
| 4 VULKANIZACE | 22 |
| 4.1 VULKANIZAČNÍ KIVKA | 22 |
| 4.2 VULKANIZACE V LISECH | 25 |
| 5 VULKANIZAČNÍ LISY | 26 |
| 6 FORMY NA VÝROBU PNEUMATIK | 29 |
| 6.1 PŘÍLOŽNÉ VULKANIZAČNÍ LISOVACÍ FORMY | 29 |
| 6.2 SEGMENTOVÉ VULKANIZAČNÍ FORMY | 30 |
| 6.2.1 Význam segmentových vulkanizačních forem | 31 |
| 6.2.2 Konstrukční prvky segmentových vulkanizačních forem | 31 |
| 6.2.3 Segmenty | 32 |
| 6.3 PŘÍČINA VULKANIZAČNÍCH FOREM | 33 |
| 7 MATERIÁLY FOREM NA PNEUMATIKY | 35 |
| 7.1 OCELI | 35 |
| 7.2 SLITINY HLINÍKU | 35 |
| 7.2.1 Slitiny Al-Si (siluminy) | 36 |
| 7.2.2 Slitiny Al-Mg (hydronalia) | 36 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 37 |
| 8 STANOVENÍ CÍL PRÁCE | 38 |
| 9 VÝROBA SEGMENT | 39 |
| 10 ZKOUŠKA ODTRŽENÍ | 41 |
| 10.1 ZKUŠEBNÍ A MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ | 41 |
| 10.2 PŘÍBĚH MĚŘENÍ | 43 |
| 10.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ | 47 |
| Výpočet síly na plochu 1 mm ² : | 48 |
| 11 ZKOUŠKA KOROZIVZDORNOSTI | 49 |
| 11.1 PŘÍBĚH ZKOUŠKY | 49 |
| 11.2 VÝSLEDKY PO 30 DNECH TESTOVÁNÍ | 50 |
| 12 TAHOVÁ ZKOUŠKA | 53 |

| | |
|---|-----------|
| ZÁV R | 55 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 56 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOL A ZKRATEK..... | 57 |
| SEZNAM OBRÁZK | 58 |
| SEZNAM TABULEK..... | 60 |
| SEZNAM P ÍLOH..... | 61 |

ÚVOD

V dnešní době, kdy se kladou velké důrazy na vyšší ekonomickou náročnost produkce, se hledají nové alternativy a postupy při výrobě. Avšak nejen změna výrobní technologie může přinést zlevnění výroby finálního výrobku. Rovněž změna materiálu samotného nástroje může mít značný přínos, jak ekonomický, tak i ekologický. V gumárenském průmyslu se to týká používaných materiálů k výrobě vulkanizačních forem na výrobu pneumatik. Jednou z tuzemských firem, které se specializují na výrobu těchto forem je firma Pneufarm Hulín a.s. Konstruktoři této firmy mají snahu zlevnit a zrychlit opakovanou výrobu stejných forem tím, že by se mohly tvarové části forem odlévat z hliníkových slitin místo frézovat z ocelí. Avšak hliníkové slitiny nemusí splňovat požadované vlastnosti závislé na vlastní výrobní formě a pneumatiky, které forma dává přesný tvar i rozměry. Tato práce má za úkol na které důležité vlastnosti těchto hliníkových materiálů zjistit a porovnat je s vlastnostmi dosavadních používaných ocelí.

I. TEORETICKÁ ÁST

1 HISTORIE GUMÁRENSKÉHO PRŮMYSLU

V letech 1493-1496 viděl Krištof Kolumbus, při svých cestách po Jižní Americe a Haiti, balón vyrobený ze šťávy určitých stromů. Teprve až v roce 1736 Francouzský učenec Charles Maria de la Condamine zaslal vzorky kaučuku do Evropy (zároveň naznačil možnost jeho použití). Avšak první patent v oblasti kaučuků byl zaznamenán až v roce 1791.

O dvacet let později (roku 1811) byla ve Vídni založena první továrna na zpracování přirodního kaučuku rozpouštěním v terpentýnové silici a na impregnaci textilu v Evropě.

V roce 1820 T. Hancock zjistil, že hnetením kaučuk se dá přivést do plastického stavu. Na základě této myšlenky byl vyvinutý gumárenský dvouválec a hnetací stroj. Roku 1839 Ch. Goodyear objevil v Americe teplou vulkanizaci kaučuku sírou. V roce 1845 R. W. Thomson dal první ideový návrh na výrobu pneumatik.

V roce 1849 byl učiněn pokrok v oblasti gumárenských směsí H.G Tyerem, který zavedl používání oxidu zinečnatého do skladby gumárenských směsí. Roku 1860 C. G. Williams získal suchou destilací kaučuku lehkou frakci – izopren. Další pokrok byl zaznamenán v roce 1876, kdy P. Freburger získal patent na mísení v mixéru. Téhož roku byla získána první plantáž přirodního kaučuku na světě a to v Malajsii.

Roku 1885 I. Z. Kondakov opravil syntetický izopren. O tři roky později J. P. Dunlop získal patent na pneumatiky pro jízdní kola. První pneumatiky na automobilových závozech byly použity při závodech Bordeaux – Paříž v roce 1895. První zdokumentovaný koncept vulkanizace byl zaznamenán až v roce 1902 O.C. Weberem.

V roce 1910 Wilhelm Haas zapracoval saze do kaučukových směsí a o dva roky později byly použity jemné saze do běhounových směsí.

V roce 1914 v Německu zahájili první průmyslovou výrobu syntetického kaučuku. V roce 1920 byla zahájena příprava směsí mísením v hnetacích strojích. Radiální pneumatiky se začaly vyrábět průmyslově v roce 1946. O čtyři roky později zahájili průmyslovou výrobu bezdušových pneumatik. V roce 1952 byla zahájena výroba nákladních radiálních pneumatik. Průmyslová výroba inhibitoru vulkanizace byla zahájena roku 1969. Roku 1992 Michelin zahajuje výrobu takzvaných zelených pneumatik s nižším valivým odporem a nižší hlučností. [1]

2 KAU UK

Pod pojmem kau uky rozumíme takové polymery, které mohou být p evedeny chemickým (nebo i fyzikálním) zesí ováním v elastomery (pryže).

Kau uk je základní složkou, který dává sm si i pryži základní charakteristické vlastnosti. Existuje široká škála kau uk s typickými vlastnostmi, podle nichž volíme vhodný kau uk pro danou aplikaci.

Po zvolení základního elastomeru je třeba uvážit jeho gumovitost, tj. obsah ve sm si. Kau uk jak základní složka sm si se n kdy dopl uje regenerátem, pop . jiným polymerem. Ten mimo svou kau ukovitou hodnotu dává sm si i další vlastnosti, usnad uje a zkracuje míchání, což p edstavuje úsporu energie a zvýšení kapacity za ízení. Dále ovliv uje zpracovatelnost, tj. sm s se snadno a dob e tvá í, dotéká a vypl uje formu p i lisování. Je-li regenerát jemný, sm s se dob e vytla uje, mén sráží a nar stá a vytla ený profil se p i volné vulkanizaci nedeformuje. [9]

2.1 P írodní kau uk

Kau uk je v podob latexu obsažený v ad rostlin. Hospodá sky je významný jen strom *Heavea braziliensis* z eled *Euphorbiace*.

Tento strom rostl p vodn dívoce v pralesech Jižní Ameriky v povodí eky Amazonky, odkud pocházel veškerý kau uk až do založení plantáže na Srí Lance a Malajsi. Výroba plantážového kau uku dosáhla v r. 1995 množství 5,8 mil. tun. P stuje se v pruhu širokém asi 1000 km po obou stranách rovníku ve t ech hlavních oblastech.

Kau uk se dá z latexu získat r znými zp soby. Na plantážích se p ipravuje výlu n srážením. Krom kau uku vyrobeného srážením vzniká ur ité množství kau uku p iroze nou koagulací resp. zasycháním. Jsou to pásky zaschlého kau uku na ezu strhávány p ed provedením dalšího ezu (tree lace), zbytky zaschlého latexu v nádobkách, zasychající latex pod ezem (cup lumps). Další odpady se zpracovávají na r zné druhy ozna ované off-grades. [1]



Obr. 1 Získávání kaučuku ze stromu

Přírodní kaučuk není čistým kaučukovým uhlovodíkem, ale obsahuje malé množství nekaučukových látek, které i při malém obsahu mají značný vliv na jeho vlastnosti. Kolísání nekaučukových látek v celkovém množství a vzájemném poměru doprovodných složek způsobuje rozdíly, které se zjišťují v různých zásilkách přírodního kaučuku.

Složení dusíkatých látek není zcela známo. Faktor, kterým se mění množství proteinů z analyticky stanoveného množství dusíku, není vždy přesný a skutečný obsah kaučukového uhlovodíku se liší o 1 až 2%. Poměrně značné rozdíly obsahu jednotlivých složek je způsobeno různými klimatickými a biologickými, rozdílnými podmínkami při zpracování apod.

Obsah vody v kaučuku závisí na teplotě a vlhkosti atmosféry, závisí také na složení kaučuku. Vlhkost vzduchu v tropických zemích je mnohem vyšší než na místech, kde se kaučuk získává, takže pravidelně dochází k malé ztrátě na hmotnosti kaučuku. Vlhkost v uvedených hranicích nemá vliv na kvalitu kaučuku a při zpracování se odpaří.

Z dusíkatých látek nejsou v kaučuku obsaženy jen ty, které byly v latexu, ale jsou v něm přítomny i produkty vzniklé biologickým rozkladem ve výrobě. Jsou velmi účinnými aktivátory vulkanizace. Kaučuk zbavený hlavním podílem dusíkatých látek vulkanizuje pomalu. Kolísavý stav těchto látek způsobuje i kolísání vulkanizačních charakteristik různých

šarží kaučuku. Obsah dusíkatých látek má vliv na absorpci vody a tím i na elektrické vlastnosti vulkanizátu. [1]

2.2 Syntetický kaučuk

Hlavní rozdíl mezi přírodním a syntetickým kaučukem je v technologiích jejich výroby. U přírodního kaučuku je výrobní proces provedený v přírodě uvnitř stromu, přičemž kaučukovník je pěstován minimálně 6 let, pokud začne produkovat. Výroba syntetického kaučuku potřebuje výrobu monomerů, nejčastěji z petrochemických surovin, pak následuje jejich polymerace. Od tohoto bodu je technologie pro mnohé syntetické kaučuky podobná – mají formu vodní suspenze kaučukových částic – latexu. Zpracování latexu do tržní formy se děje stejnou cestou, a koliv jsou možné drobné odchylky. Zde jsou příklady některých syntetických kaučuků :

- **Butadien-styrenový kaučuk (SBR)**

Je univerzální kaučuk, který představuje asi 60% světové výroby syntetických kaučuků. Používá se pro běžnou pneumatiku a pro tzv. technickou pryž.

- **Polybutadienový kaučuk (BR)**

Vyrábí se především roztokovou polymerací pomocí Ziegler-Nattových katalyzátorů, kdy vznikají produkty s vysokým podílem 1,4-butadienových jednotek. Polybutadieny s vysokým podílem cis-1,4-butadienových jednotek se vyznačují vysokou odolností proti odru, vzniku trhlin a také vyšší odrazovou pružností, než přírodní kaučuk. Mimoto dobře snášejí plniva. Aplikují se hlavně v průmyslu k výrobě pneumatik.

- **Butadien-akrylonitrilový kaučuk (NBR)**

A jiné typy nitrilových kaučuků se vyrábí radikálovou kopolymerací butadienu s 18 až 49% akrylonitrilu, nejčastěji však v rozmezí 28 až 33% AN. Se vzrůstajícím obsahem AN stoupá Tg a tvrdost, klesá elasticita a bobtnavost v pohonných látkách a olejích.

Hlavní oblastí použití jsou benzínové hadice, těsnění, klínové demony, dopravní pásy, válce pro tiskárny, textilní a papírenský průmysl.

- **Polyisopren (IR)**

Přírodní kaučuk je téměř 100% cis-1,4-polyisopren. Syntetický polyisoprenový kaučuk IR je stereospecifický, roztokově polymerovaný cis-1,4-polyisopren (tzn. že má prostorově pravidelně uspořádané makromolekuly). Jeho struktura a vlastnosti jsou natolik podobné přírodnímu, že je lze ve většině aplikací zaměnit. NR a IR krystalizují tažením za pracovních teplot, což vede k vysokým pevnostem v tahu. Tuto vlastnost nemají SBR, BR ani NBR, jejichž pevnost v tahu lze zlepšit aktivními přísadami. [9]

3 KAU UKOVÉ (GUMÁRENSKÉ) SM SI

P íprava a míchání kau ukových sm sí je jedním z nejd ležit jších proces gumárenské technologie. Gumárenská sm s p edstavuje složitý mnohasložkový a polydisperzní systém kau uku s p ísadami r zného chemického složení a nacházejících se v r zném fyzickém stavu (nej ast ji v pevném nebo kapalném).

Vzájemná mísitelnost kau uku a p ísad nacházejících se p evážn v práškových stavech, bude však záviset i na jejich velikosti, tvaru a povrchu ástic apod. Jednotlivé p ísady se p ídávají v malých množstvích, mají však velký vliv na fyzikáln -mechanické vlastnosti vulkanizátu, proto musí být ve sm si dokonale homogenní rozptýlené - dispergované.

P ed samotnou p ípravou kau ukových sm sí je t eba zlepšit zpracovatelnost n kterých kau uk a to zejména p írodného a n kterých typ syntetických, které p í dlouhodobém skladování mají sklon k zesí ování. Tento proces se nazývá plastikace kau uk .

Podstatou plastikace kau uk je snížení jejich st ední molekulové hmotnosti, které má za následek snížení jejich tuhosti (elasticity) a zvýšení jejich plasticity (snížení viskozity). Kau uk se plastikuje bu na dvouválcí za intenzivního chlazení, aby se odvád lo teplo.

Principem plastikace kau uk je rozšt pení jejich makromolekul dodanou energií na makroradikály, které se zakon ují jednak vzdušným kyslíkem, ale také plastika nými inidly, které se p ídávají ke kau uku zejména p í plastikacích na hn tacích strojích.

Plastikace kau uk v hn tacích strojích je ú inn jší než na dvouválcích. Jelikož p í plastikaci kau uk je p ídavek plastika ního inidla velmi malý.

Technologická operace - plastikace kau uku se zjednodušila s využitím možnosti p ípravy nízkopln ných kau ukových p edsm sí.

Tab. 1 P íklad p edsm sí

| Komponenty | Množství |
|--------------------|-----------------|
| Kau uk | 100 dsk |
| Plnivo | 10-20 dsk |
| Plastika ní inidlo | 30-50 dsk |

V poslední době se začalo ustupovat od plastifikace přirodních kaučuků jako samostatné technologické operace.

Tento proces byl velmi pracný, snižovaly se kapacity míchacích linek, plastifikovaný horký kaučuk se dlouho samovolně chladil na požadovanou teplotu (v letních měsících i 2 dny) a také jeho skladování (ve formě rolníků) zabíralo hodně místa ve výrobních prostorech.[1]

3.1 Příprava gumárenských směsí

Kaučukové směsi se připravují dvou nebo třístupňovým způsobem. Při dvoustupňové přípravě je nejdříve namíchaný.

3.1.1 První stupeň v hnacími stroji

Po dosažení vypouštěcí teploty nebo času směs vypadne na homogenezaci dvouválec, kde se zhomogenizuje a zhomogenizovaný pás směsi se dopravníkem přepraví na zásobovací dvouválec a odtud ve formě pásu se po průchodu přes separační roztok ochladí ve vzduchové lednici. Na které novější a modernější míchací linky mají pod hnacími stroji namísto homogenezujícího dvouválce zabudovaný vytlačovací stroj (extruder), kde se první stupeň směsi zhomogenizuje a vytlačuje ve formě pásu. Nakonec se vychlazená směs (max. 40 °C) seká na dopisy a ukládá na kovové palety a převezí se do úložného skladovacího prostoru.

Při přípravě prvního stupně kaučukových směsí se přidávají do hnacího stroje tyto suroviny a chemikálie:

- Kaučuk, sazové béře, regeneruje
- Plniva
- Aktivátory
- Změkčovač
- Antidegradanty
- Speciální přísady (zpracovatelské přísady, lepicí pryskyřice, adhezivní činidla) [1]

3.1.2 Druhý stupeň příprav

Druhý stupeň směsi se připravuje v hmotacím stroji podle předepsaného navazovacího a míchacího postupu. Každá směs má určený svůj míchací cyklus, který je stanoven na základě doporučené vypouštěcí teploty, času nebo spotřeby energie.

Při přípravě druhého stupně směsi je důležité navazovat předepsaný základ z prvního stupně a také dávkovat do hmotacího stroje všechny vulkanizační přísady. Po dosažení předepsaného míchacího času se směs vypustí na dvouválec pod hmotacím strojem, kde se zhomogenizuje. Proces chlazení je stejný jako při přípravě prvního stupně.

Při přípravě druhého stupně směsi může dojít k hrubému porušení technologické kázně, obsluha zapomene nadávkovat vulkanizační přísady, resp. jejich předávkuje, špatně naváže základ směsi atd.

Při přípravě ve druhém stupni kaučukových směsí se přidávají do hmotacího stroje následující chemikálie a směsi:

- Základ prvního stupně směsi
- Vulkanizační inidla
- Urychlovače vulkanizace
- Inhibitory vulkanizace

3.1.3 Třetí stupeň příprav

Při třetí stupeňové přípravě směsi je postup obdobný a je rozložen do 3 stupňů, přičemž posledním stupněm je opět promíchávání vulkanizačních přísad. Za druhý stupeň se považuje zpracování samotného prvního stupně směsi v hmotacím stroji nebo na dvouválci, resp. se přidávají speciální přísady. Proces zpracování směsi je určen obvykle časem míchání.

Při třetí stupeňové přípravě směsi se podstatně zlepšuje dispergace přísad, dosáhne se požadované viskozity směsi, zlepšují se fyzikálně-mechanické a dynamické vlastnosti vulkanizátu. [1]

3.2 Broušené směsi

Broušen je jeden z nejdůležitějších částí autoplastu, která je vystavena nejvyššímu zatížení. Musí mít vysokou konstituční pevnost, aby se vyskytlo co nejméně vnějších poško-

zení (vytrhávání figur dezénu), dále musí mít velkou odruzdornost (životnost) a přitom musí mít dostatečnou elasticitu a nízké hysterézní ztráty, aby nenastalo přílišné přehřívání vulkanizátu. Běhounová směs musí zároveň zaručovat dobrou adhezi k suché a mokré vozovce. [1]

V poslední době se hlavně u osobních pneumatik klade velký důraz na nízký valivý odpor při zachování požadované adheze k různým povrchům vozovky. Tyto pneumatiky se nazývají „zelené pneumatiky“. Při snížení valivého odporu dochází ke snížení spotřeby paliva mezi 20 až 30%, oproti běžným pneumatikám, a tím i snížení emisí vypouštěných do ovzduší. V globálním měřítku se uvádí snížení vypouštění CO_2 až o 18% v automobilovém provozu. V současnosti je cílem Evropské Unie snížení emisí CO_2 u nově registrovaných aut ze 160 g/km na 120 g/km a na 95g/km v roce 2020. Další výhodou zelených pneumatik je jejich hlučnost. Na štítku pneumatik je označena v decibelech (dB) a vyjadřuje hladinu vnějšího hluku jednou, dvěma nebo třemi vlnami. Jedna vlna značí hladinu hluku 3dB pod nejnovějšími limity danými Evropskou Unií a naopak 3 vlny značí hladinu hluku podle starých regulí. [9]

4 VULKANIZACE

Je to děj, při kterém vznikají v kaučukové směsi pevné chemické vazby mezi jednotlivými molekulami za pomoci vulkanizačních činidel. Optimální hustota síťové prostorové struktury závisí na teplotě, tlaku a době, které působí na elastomerní směs. Vzájemný vztah teploty a doby vulkanizace vyjadřuje teplotní koeficient vulkanizace. Ten udává vztah rychlosti vulkanizace při zvýšení teploty o 10°C (hodnoty se pohybují 1,8-2,5 v závislosti na skladbě elastomerní směsi). Teplota vulkanizace je funkcí i typu kaučuku a volí se v rozmezí 140 - 200°C. Vyšší teplota – zkrátí se vulkanizační čas, zvýší se teplotní spád se všemi složkami. Přístup tepla mezi zdrojem a elastomerní směsí je nejužitečnější z kovových forem a dále v nasycené páře. Nejhorší je v horkém vzduchu a ohřevem v objemu.

Provozní způsoby vulkanizace jsou dva:

- Kontinuální ve vulkanizačních tunelech (solné lázně, horkovzdušné tunely, MW tunely), bubnových lisech.
- Diskontinuální vulkanizace ve formách, přímé páře, horké vodě, horkém vzduchu, bubnových lisech.

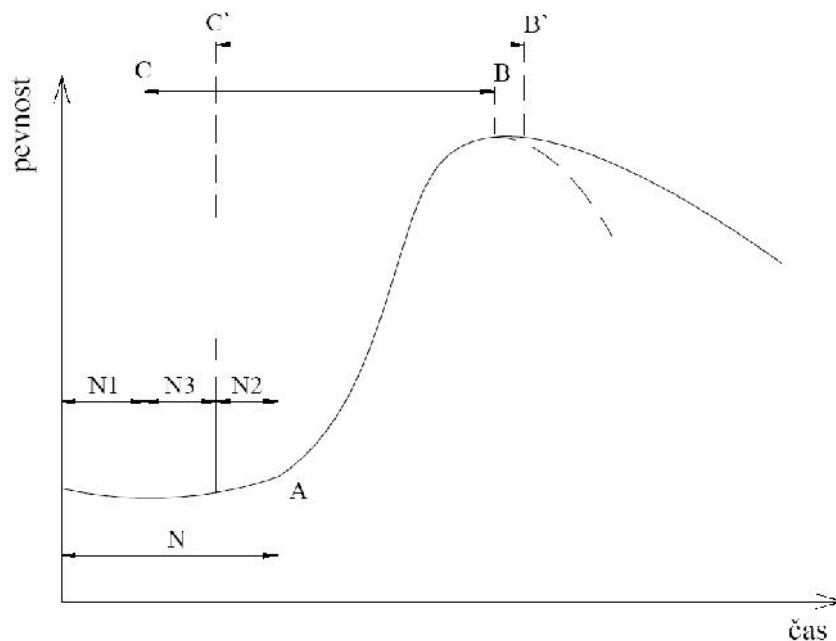
Technologický postup vulkanizace:

- tvarování elastomerní směsi do tvaru výrobku (za tepla, za studena),
- zahřívání na vulkanizační teplotu,
- výdrž na vulkanizační teplotě – vulkanizace (teplota, čas, tlak),
- vyjmutí výrobku z formy (výrobek se ve formě nechladí). [7]

4.1 Vulkanizační křivka

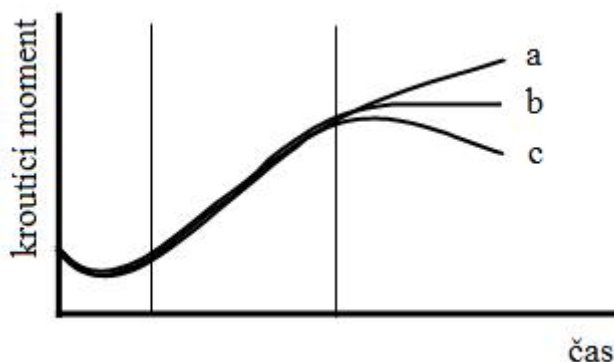
Změna indikovaná stoupaním viskozity se prakticky shoduje se zátkem vulkanizace. Pokračováním v zahřívání se vyvíjí přímé vazby a nastává vulkanizace. Její průběh se sleduje vulkanizační křivkou. Následující graf (Obr. 2) se skládá z úseku bezpečnosti směsi a z úseku vulkanizační křivky. Bezpečnost směsi je uvedena jako celková doba N , po které dojde ke změně zpracovatelnosti směsi. Doba bezpečnosti směsi musí být nejméně tak dlouhá, aby po veškerém nutném přípravném zpracování zůstal ještě podíl

N_2 , nutný pro tok a vyrovnání tlaku ve formě, provádějí se vulkanizace v lise. Kromě nutného tepelného zatížení N_1 a podílu N_2 je potřeba ponechat ještě rezervu N_3 , protože v praxi není možno udržovat tepelnou historii přesně na stejné hodnotě. Navíc je nutno brát v potaz rozdíl ve složení a homogenitě směsi mezi jednotlivými dávkami. Není ovšem úplně vhodné, aby hodnota N_3 byla příliš vysoká, protože se tím prodlužuje celková doba vulkanizace. Časový úsek vulkanizace začíná od začátku vulkanizace A k dosažení optima B je stejnou dobou vulkanizace. Jinou hodnotou je technická doba vulkanizace ($C - B$), kde stejná doba je podílem N_2 a N_3 . Technická doba vulkanizace se určuje pro každý výrobek zvlášť a pak jako technický předpis je konstantou. Spotřebuje-li se převážná část nebo celá doba rezervy N_3 , může k ukončení vulkanizace dojít až za optimem vulkanizace, v úseku prodlevy. V případě celé spotřeby pak technická doba vulkanizace odpovídá úseku $C' - B'$. Průběh vulkanizace lze obecně sledovat závislostí jakékoliv vlastnosti na čase. Z chemických změn to může být například obsah volné síry, který postupně v průběhu vulkanizace klesá, z fyzikálně-mechanických hodnot pevnost (obr. 2), modul pružnosti v tahu, trvalá deformace, bobtnání apod.



Obr. 2 Vulkanizační křivka

Přesnější studiu procesu vulkanizace musíme rozlišovat tři základní fáze:



Obr. 3 Schematické znázornění závislosti kroucího momentu na času vulkanizace
 1 - indukční perioda vulkanizace, 2 - vlastní síťová reakce,
 3 - změny ve struktuře vzniklé sítě projevující se:
 a - dodatečným síťováním, b - relaxací, c - útlumem

Poslední část vulkanizační křivky je charakterizována jinými reakcemi než vázáním vulkanizačního činidla, čímž prakticky nedochází k ovlivnění celkového stupně zesílení. Tvar této části vulkanizační křivky závisí na povaze kaučuku, vulkanizačního systému a teploty vulkanizace. Rychlost síťové reakce v této fázi klesá, nebo se zastaví. Tyto změny souvisejí se změnami charakteru primárních vazeb.

Typu vulkanizační křivky, která na úseku (3a, obr. 3) neustále mírně stoupá, říkáme, že má kráječící modul.

Úsek vulkanizační křivky (3b, obr. 3), na kterém nedochází ke změnám ve vlastnostech vulkanizátu, se nazývá plató vulkanizace. Jeho význam spoívá především v tom, že vlastnosti vulkanizátu se po určité době při tepelném namáhání nemění. Tato vlastnost, která vyplývá z tepelné stability sítě vulkanizátu, umožňuje ve výrobě pneumatik dosáhnout optimální vlastnosti prakticky ve všech částech pláště. Přesněji lze hovořit o omezení převulkanizování a reverze zejména v povrchových vrstvách pláště na minimum.

Na úseku vulkanizační křivky (3c, obr. 3), na kterém dochází k poklesu síťové hustoty a vlastnosti vulkanizátu se výrazně zhoršují, mluvíme o útlumu vulkanizace. Plató vulkanizace lze zajistit především vhodným složením kaučukové směsi, zejména volbou kaučuku a vulkanizačního systému. [3]

4.2 Vulkanizace v lisech

Nejvíce gumárenských výrobků se vulkanizuje ve formách – ve vulkanizačních lisech. Lisování ve formách se vyznačuje tím, že tvarování i vulkanizace probíhá v jedné operaci. Po vložení materiálu do formy (musí být v přebytek) a po jejím uzavření se směs rychle ohřívá na teplotu vulkanizace, přičemž se ve formě vytváří určitý tlak, který zaručuje dokonalé vyplnění formy a potřebný tlak, aby se zamezila tvorba pórů i po úplném uzavření formy. V první fázi vulkanizačního cyklu se přebytek materiálu vytlačí v podobě pletok do pletkových kanálků. Aby se zabránilo otvírání formy během vulkanizace, musí být uzavírací tlak vyšší než vnitřní. [2]

5 VULKANIZA NÍ LISY

Vulkaniza ní lis spolu s nainstalovanou lisovací formou je poslední za ízením výrobního et zce pneumatik. Ze surového plášt zhotoveného na konfek ních jednotkách vzniká kone ný finální výrobek – pneumatika práv na tomto za ízení.

Vulkaniza ní lisy lze rozd lit následn podle n kolika hledisek:

- Dle technologie lisování na lisy typu:
 - Autoform
 - BOM (Bag-o-matic)
 - kombinací autoform a BOM vzniká chromatik

- Dle po tu vulkaniza ních míst:
 - jednokomorové (jednomístné)
 - dvoukomorové (dvoumístné) [6]

V sou asné dob existují t i základní koncepce vulkaniza ních lis . Jsou to mechanické lisy, hydraulické lisy a hydromechanické lisy.

Mechanická koncepce má svoje výhody spo ívající zejména v jednoduchosti a relativn nízkých po izovacích nákladech. Má však i ádu nevýhod jako je nízká p esnost nastavení forem a tím i p esnost vyrobené pneumatiky, nemožnost plynulé regulace sv rné síly, dvoukomorové provedení z d vodů deformací p í níku je realizovatelné pouze do velikosti lisu 66“, vysoká hmotnost lisu apod.



Obr. 4 Mechanický lis

Pln hydraulická verze lisu adu t chto nevýhod odstra uje, ale větší komplikovanost za ízení a tím i vyšší po izovací náklady zp sobily, že tato koncepce pro výrobu pneumatik pro nákladní automobily nijak výrazn nerozší ila.



Obr. 5 Hydraulický lis

Kombinací dvou p edešlých lis , je lis hydromechanický. Lis je ur en pro formování diagonálních i radiálních pneumatik. Je koncipován jako hydromechanický a soust e uje v sob výhodou mechanických i hydromechanických lis . Hydraulické, p íp. pneumatické pohony jsou použity u t ch mechanism , kde je to výhodné a efektivní, u ostatních mechanism jsou využívány systémy mechanické.

Nová generace hydromechanických vulkaniza ních lis p edstavuje velmi významný inova ní krok u za ízení pro vulkanizaci pneumatik v tších rozm r ur ené pro nákladní automobily, traktory apod. Dosavadní provozní výsledky pln potvrzují kvalitativní a zejména ekonomické p ínosy nové koncepce. Gumárenským závod m se tak otvírají významné možnosti k dalším zefektivn ní procesu výroby pneumatik.

ŠKODA TS nabízí hydromechanické lisy od velikosti HMVL 63,5“ až do HMVL 130“ [10]

6 FORMY NA VÝROBU PNEUMATIK

Vulkanizační forma je jedním z nejdůležitějších výrobních zařízení při lisování pláštěk, membrán, duší, obnovujících b houn , ale i celé řady výrobků z technické pryže. Problematika vulkanizačních forem je i přes své důležitosti v gumárenském a plastikářském oboru dnes poměrně málo popularizovaným oborem. Je a zřejmě i vždy zůstane doménou úzkému kruhu vývoje , výrobce a uživatel forem. Vulkanizační formy ovlivují zásadním způsobem nejen výsledné provozní vlastnosti pláštěk , ale i jejich přesnost a vzhled. Z toho pramení jejich nezastupitelnost a vysoká důležitost v celém procesu vývoje a výroby nejen pláštěk i dalších výrobků z gumy. Pro základní orientaci v problematice VF je třeba pochopení názvosloví a členění VF, které pro nedostatek literatury v této oblasti je řešeno zpravidla pouze na firemních úrovních pomocí interních předpisů .

Volná definice vulkanizační formy by mohla znít následovně : Vulkanizační forma je zařízení (nástroj), ve kterém se při vulkanizaci, působením tepla a tlaku, získává surový pláštěk a jeho výsledný tvar, rozměry a požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti.

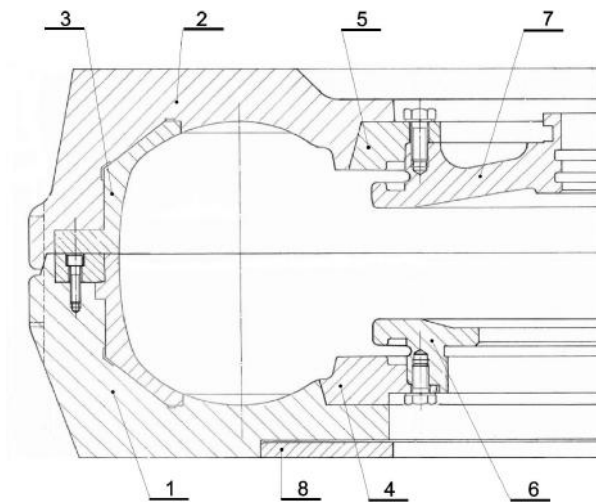
Je celá řada více či méně důležitých hledisek, podle kterých je možné vytvářet určité konstrukční skupiny forem. Na které se navzájem prolínají, jiné hovoří pouze o používaných materiálech, nebo technologii výroby forem. [2]

6.1 Ploché vulkanizační lisovací formy

Jsou to formy s jednou vodorovnou dělící rovinou složené obecně z horní a dolní poloviny. V případě plochých forem (obr. 7) jsou obě poloviny vybaveny dezénovými vložkami a kroužkování. Tyto poměrně jednoduché VF mají využití hlavně při výrobě technologicky méně náročných diagonálních pláštěk , resp. při výrobě těch kterých speciálních pláštěk . Ve výrobě radiálních pláštěk se tento typ forem využívá pouze okrajově , protože formy při vertikálním otevírání mají tendenci poškozovat a deformovat vylisovaný pláštěk v oblasti dezénu. Formy také vyžadují vysoké dopnutí pláštěk do obvodu, což je pro pláštěk s ocelovým nárazníkem nevýhodné. Výhodou dvoudílných forem je nízká cena a snadná údržba. Velká oblast využití dvoudílných forem je skupina méně složitých výlisků z technické pryže. [2]



Obr. 6 P lená forma



Obr. 7 Pr ez p lenou formou

1 - dolní část formy, 2 - horní část formy, 3 - dezénových vložka, 4 - dolní patkový kroužek, 5 - horní patkový kroužek, 6 - dolní membránový kroužek, 7 - horní membránový kroužek, 8 – st edící kroužek.

6.2 Segmentové vulkaniza ní formy

Jsou v podstat více dílné formy, sestávající z n kolika dezénových segment , horní a dolní Bo nicová desky a patkové kroužek . Radiální pohyb segment je zpravidla vyvozo-
vání mechanismem kontejneru, který obepíná vulkaniza ní formu. Segmentové formy tvo í
v sou asnosti nejd ležit jší konstruk ní skupinu forem pro výrobu osobních i nákladních

radiálních autoplášť u všech renomovaných výrobců pneu. Segmentové formy se vyskytují i pod názvem radiální dělené formy. Podrobněji jsou popsány v další kapitole. [2]



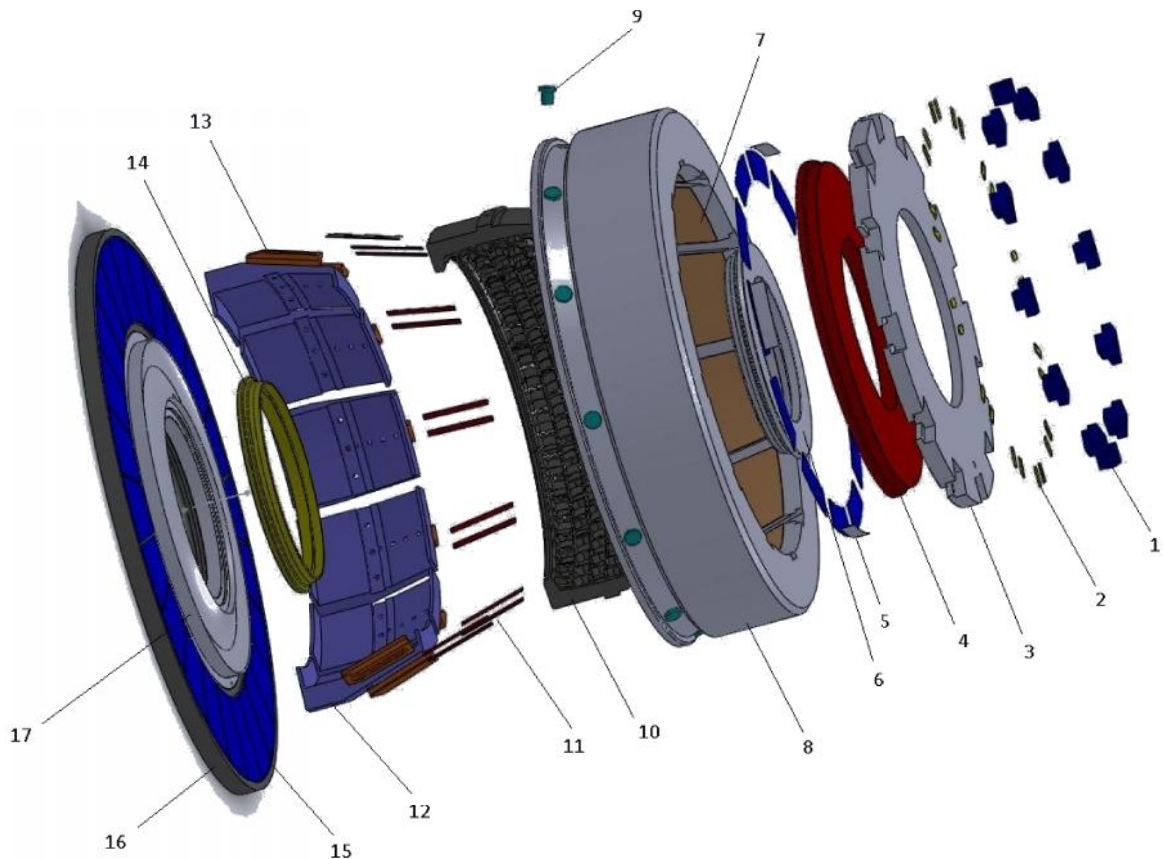
Obr. 8 Segmentová forma

6.2.1 Význam segmentových vulkanizačních forem

Segmentové vulkanizační formy jsou v porovnání s dvoudílnými několikanásobně dražší, náročnější na údržbu i manipulaci. Naproti tomu mají důležité vlastnosti, které je předurčují pro nasazení ve výrobě moderních technologicky náročných radiálních autoplášťů. Hlavní výhodou spoívá především v tom, že díky radiálnímu pohybu segmentů se chovají ve fázi otevírání a zavírání formy k plášti podstatně šetrněji než dvoudílné formy. To znamená, že zde nedochází k poškozování dezénových figur, k přesunu materiálu a nadměrným deformacím v koruně pláště. Tyto vlastnosti jsou nezbytné pro dosažení vysoké kvality a přesnosti moderních výkonových plášťů. [2]

6.2.2 Konstrukční prvky segmentových vulkanizačních forem

Hlavními konstrukčními prvky segmentových forem jsou dolní část formy, horní část formy a segmenty tvořící dezénovou část formy. [2]



Obr. 9 Sestava segmentové formy

1 - horní vodítko, 2 - horní kluzná plocha, 3 - horní deska kontejneru, 4 - horní bo nice, 5 - horní kluzné plochy, 6 - horní patní kroužek, 7 - kluzná plocha, 8 - komus, 9 - zarážka segmentu, 10 - segment formy, 11 - kluzné plochy, 12 - nosi segmentu, 13 - vodítko, 14 - dolní patní kroužek, 15 - kluzné plochy, 16 - základní deska, 17 - dolní bo nice.

6.2.3 Segmenty

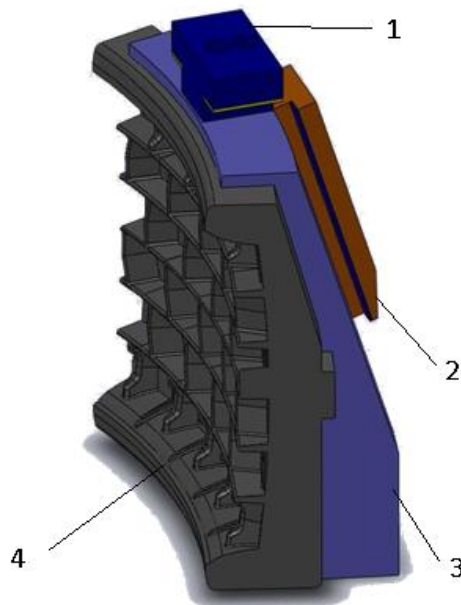
Segmenty přímo vybaveny dezénovými figurami jsou výrobně nejnáročnější částí vulkanizačních forem. Pro správné pochopení jejich funkce a místa v sestavě kontejnerové formy třeba rozlišovat:

Vnější nosič segmentu – je součástí kontejneru. Úhel a délka šikmé plochy tvořící záda segmentu určuje zdvihové parametry kontejneru - radiální zdvih a axiální zdvih. Vnější segmenty jsou vždy symetrické (tj. mají stejné tloušťky).

Vnitřní segment – je součástí formy, při kompletování formy s kontejnerem se upíná do vnějšího segmentu. Vnitřní segmenty mohou být i asymetrické. V případě, že dojde ke

konstrukčnímu složení vnějšího a vnitřního segmentu, mluvíme o semikontejnerové formě. V tomto případě je segment pouze jeden a je součástí sestavy formy.

Radiální pohyb segmentu je způsoben jejich zasouváním do kuželového kruhu kontejneru ve vertikálním směru. Segmenty musí souhlasně dosednout na všech radiálních dříčcích rovinách i na dříčcích rovin mezi segmenty a bočními formy. Kuželovitost zádoových ploch není podmínkou, v praxi se používají i rovinné šikmé plochy. Sklon šikmých ploch se používá v rozsahu 15° až 25° . Počet segmentů bývá nejčastěji osm, ale používají se i jiné počty (např. 11 nebo 12). Vnitřní plochy segmentů mohou mít vybrání pro uchycení dezénových vložek, nebo dezénový vzor může být vytvořen přímo v materiálu segmentu.



Obr. 10 Segment formy

1 - horní vodítko, 2 - boční vodítko, 3 - nosič segmentu, 4 - segment formy

6.3 Přesnost vulkanizačních forem

Přesnost forem je v úzkém vztahu s mnoha vlastnostmi pláště. Za velmi citlivé parametry, přímo související s přesností forem, lze označit obvodové házení dezénu. Ve snaze docílit co nejlepší výsledky při testování pláště, kladou výrobci pneumatik stále vyšší požadavky na přesnost vulkanizačních forem. Nejprůběžnější požadavky jsou kladeny na formy pláště pro osobní automobily a zvláště na vysoce rychlostní pláště. Výrobní výkresy těchto forem jsou tolerovány minimálně ve stupni přesnosti IT6. Použitý toleranční systém formy musí zajistit nejen dodržení povolených rozsahů při výstupní kontrole formy, ale i mini-

máln až nulové přesazení a průtok na pláštích. Dosažení takové přesnosti je poměrně náročné, protože kromě velkého rozdílu mezi teplotou při výrobě formy a teplotou jejího nasazení ($T = 140^{\circ}\text{C}$), je třeba také zohlednit i heterogenní materiálové složení formy. Rozdílné teplotní deformace hliníkových segmentů a ocelové konstrukce formy mají za následek změny rozměrů formy po jejím zahřátí až o několik milimetrů. Tento rozdíl se řeší záměrným vytvářením dilatačních spár (za studena) tak, aby se předešlo tímto nežádoucím jevům.

Pro popsání teplotního chování formy a jejích částí se používají analyticko – simulační počítačové metody spolu s exaktními postupy. [2]

7 MATERIÁLY FOREM NA PNEUMATIKY

7.1 Oceli

Konstrukce všech hlavních dílů formy je postavena na ocelových a ocelolinových materiálech. Formy vynikají vysokou životností a přesností, hlavně v oblasti dezénu. Formy mohou, bez výměny dezénových částí být nasazeny celé období mezi dvěma inovačními cykly pláše. Z toho titulu jsou ocelové formy nasazovány hlavně při výrobě pláše nákladních automobilů, kde inovační cykly jsou delší.

Chemické složení a hodnoty mechanických vlastností ocelových výrobků tvářených za tepla byly dány do souladu se značkou oceli Fe 510 C podle EN 10025:1990. Byl zaveden maximální přípustný obsah N a upraveny hodnoty obsahů P a S. U výrobků tvářených za tepla bylo rozšířeno rozmezí hodnot meze pevnosti v tahu, byly upraveny a podrobněji odstupňovány v závislosti na průměru resp. tloušťce výrobku hodnoty meze kluzu a tažnosti. Byly uvedeny pouze hodnoty nárazové práce KV a vypuštěny údaje pro zkoušku lámavosti. [11]

7.2 Slitiny hliníku

K výhodám slitiny hliníku lze počítat zejména nízkou měrnou hmotnost a poměrně dobrou pevnost, což znamená, že měrné pevnostní charakteristiky některých slitin hliníku jsou srovnatelné s obdobnými charakteristikami ocelí, případně jsou lepší. Slitiny hliníku, pokud neobsahují měď, velmi dobře odolávají korozi v atmosféře a látkám kyselé povahy. Odolnost slitin hliníku proti působení látek alkalických je naopak malá. Dobře se svařují v ochranné atmosféře, mají dobrou elektrickou a tepelnou vodivost, jsou vyráběny v širokém sortimentu hutních produktů a vratný odpad se poměrně snadno zpracovává.

Nedostatkem slitin hliníku je jejich nízká tvrdost a tedy snadné zhmoždění povrchu zpracovávaného materiálu a výrobků, obtížné tiskové obrábění a mechanické leštění některých slitin (materiál se maže). Slitiny hliníku mohou být napadeny elektrochemickou korozí, jsou-li v konstrukci ve vodivém styku s ostatními kovy a slitinami s výjimkou zinku a kadmia.

Jsou určeny k výrobě tvarových odlitků litím do písku, do kovových forem nebo tlakově. Mechanické hodnoty odlitků nedosahují hodnot výrobků tvářených a značně závisí na

způsobu odlévání. Nejvyšší pevnost v tahu bývá asi 250 MPa. Hrubá struktura s nejnižšími pevnostními charakteristikami vzniká při lití do písku, jemná struktura s lepšími vlastnostmi se tvoří při lití do kovových forem nebo při lití tlakovém. [11]

7.2.1 Slitiny Al-Si (siluminy)

Slitiny soustavy Al-Si, označované jako binární nebo jednoduché siluminy se dělí na podeutektické (pod 11,7 hm. % Si), eutektické (kolem 11,7 hm. % Si) a nadeutektické (od 11,7 do 24 hm. % Si). Nejlepší slévárenské vlastnosti mají eutektické siluminy. Eutektikum v binárních siluminech představuje směs tuhého roztoku a krystalů stejného křemíku (fáze β).

K výhodám binárních siluminů Al-Si patří dobrá odolnost proti korozi. Přesto se pro tvarové odlitky používá zřídka. Osvědčily se však jako hliníkové pájky (například siluminy Al-Si₅ a Al-Si₁₂). Většina siluminů používaných k odlévání tvarových odlitků jsou pevnější siluminy speciální. [11]

7.2.2 Slitiny Al-Mg (hydronalia)

Slitiny Al-Mg mají nejvyšší mechanickou pevnost a rázovou houževnatost ze všech slévárenských slitin hliníku. Jsou vhodné pro rázově namáhané odlitky s náhlými změnami přetěžování a pro odlitky odolávající koroznímu prostředí. Jejich obrobitelnost je lepší než u slitin Al-Si. Znaméná naplynutí a oxidace při tavení, lití a krystalizaci jsou však příčinou jejich horších slévárenských vlastností, včetně pórovitosti a snížené tenzile odolnosti odlitků. Přísada křemíku zlepšuje zabíhavost, snižuje sklon k tvorbě trhlin za tepla, zvyšuje hustotu odlitků. Ze slitin Al-Mg-Si se vyrábějí odlitky mechanicky namáhané za vyšších teplot, například žebrované hlavy válců, nebo odlitky vystavované povětrnostním vlivům, jako automobilové kování součástí vnitřní a vnější architektury, fotopřístroje, nádobí pro styk s potravinami. [11]

II. PRAKTICKÁ ÁST

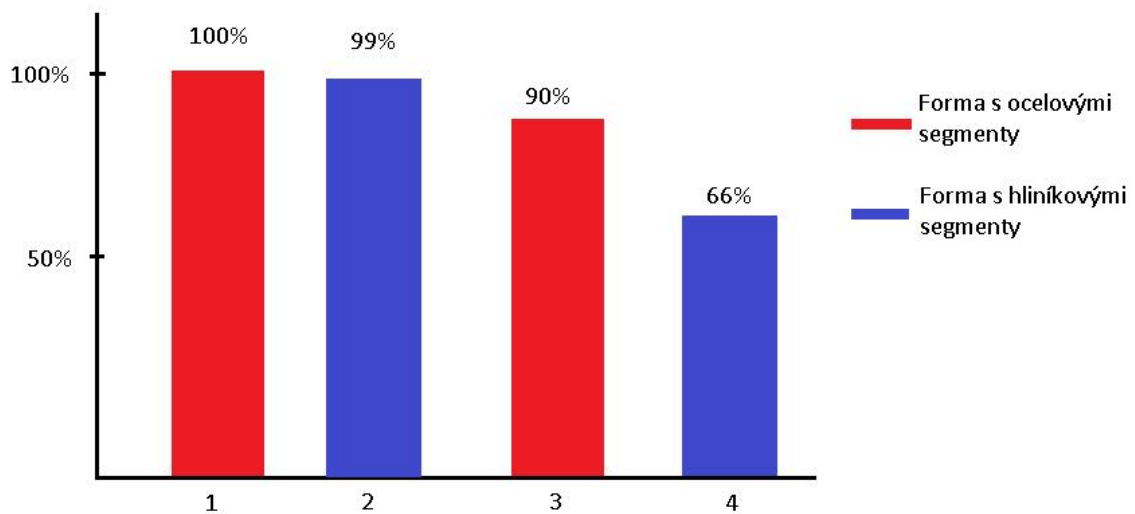
8 STANOVENÍ CÍL PRÁCE

Jak už bylo zmíněno v úvodu, cílem této práce je analyzovat n které d ležité vlastnosti hliníkových slitin Al-Si₇ a Al-Mg₃ a jejich srovnání s konstrukční ocelí 11 523. Práce se zabývá p edevším zkouškou zjiš ující velikost síly, pot ebné k odtržení výlisku z dutiny formy. Zda v d sledku použití t chto hliníkových slitin nevzniknout nežádoucí jevy a problémy p i odformování nebo porušení výlisku apod.

U t chto materiál rovn ě byly zjiš ovány další d ležité vlastnosti, jako jsou korozi- vzdornost v agresivn ějším prostředí a mechanické vlastnosti za zvýšených teplot.

Výhody použití hliníkové slitiny pro výrobu segmentů vulkanizačních forem jsou následující:

- Menší nároky na stroje a nástroje,
- Menší produkce odpadu po obrábění,
- Lepší tepelná vodivost – snížení doby p edeh evu formy,
- Rychlejší a levn ější opakovaná výroba. Jak ukazuje Obr. 11.



Obr. 11 Rozdíl ceny výroby forem

1,2 – náklady na výrobu první formy, 3,4 – náklady na opakovanou výrobu formy

Náklady spojené s výrobou první segmentové formy z hliníkové slitiny je téměř stejná jako kdyby se vyrobila z oceli. Ovšem hlavní úspora p ichází až s opakovanou výrobou stejné formy, kde se p i výrob segmentů použije hliníkové slitiny m ěže ušetřit p es 20% nákladů oproti použití oceli.

9 VÝROBA SEGMENT

Výroba segment je nejzdlouhavější soubor technologických operací při vývoji celé segmentové vulkanizační formy. Následující text popisuje jednotlivé operace dvou odlišných výrobních postupů segmentů z oceli a segmentů z hliníkové slitiny.

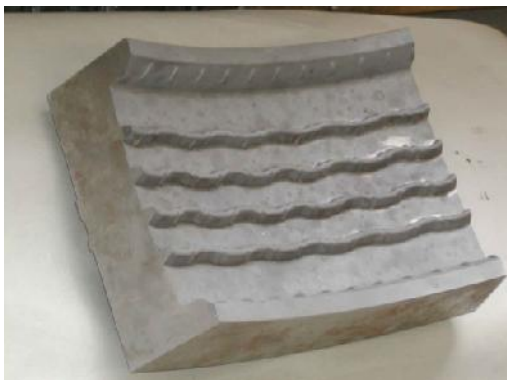
Segment z oceli

1. Zformátování a hrubování polotovaru segmentu.
2. Tvar a reliéf segmentu se postupně frézuje se nahotovo.



Obr. 12 Frézovaný segment

3. Po dokončení segmentu následuje jiskření drážek pro lamely a instalace lamel.



Obr. 13 Frézovaný nákladní segment

4. Po instalaci lamel následuje tláskové obrábění pro spasování s ostatními díly formy, vytvoření

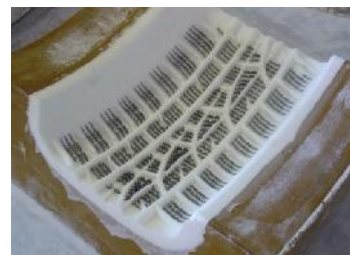
Segment z hliníkové slitiny

1. Vyfrézuje se model z tzv. „umělého dřeva“ a poté se do něj vloží ocelové lamely. Takto vyrobený model se neziskří, ale uloží k výrobě dalších segmentů.



Obr. 14 Model segmentu

2. Z modelu se poté odlíje negativ a opět do něj vloží lamely.



Obr. 15 Otisk segmentu

3. Vytvoření sádrového pozitivu a jeho vysušení.
4. Pomocí vytvořeného pozitivu se následně odlíje finální segment.
5. Po odlití následuje tláskové obrábění pro spasování s ostatními díly formy, vytvoření systému od-

systemu odvzdušnění a mechanické dokončení dutiny formy.



vzdušnění a mechanické dokončení dutiny formy.

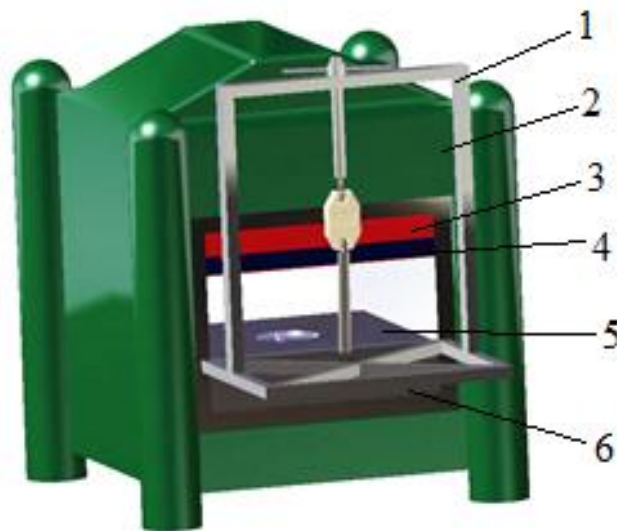


Obr. 16 Hotový segment

10 ZKOUŠKA ODTRŽENÍ

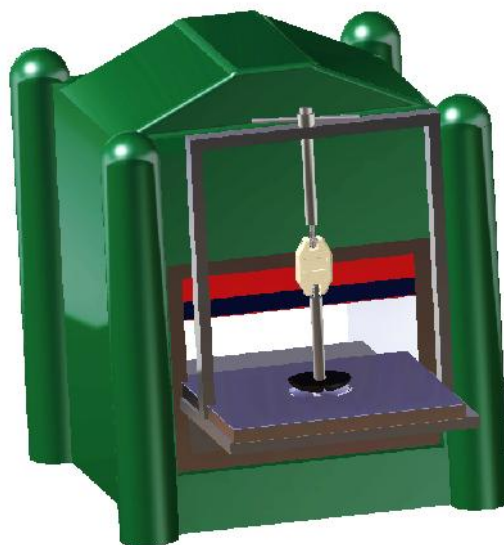
10.1 Zkušební a m ící za ízení

Pro zjištění p ílnavosti pryže, resp. síly k odtržení vulkanizátu od st ny dutiny formy byla provedena experimentální zkouška na speciálně vytvořeném za ízení (Obr. 17,18).



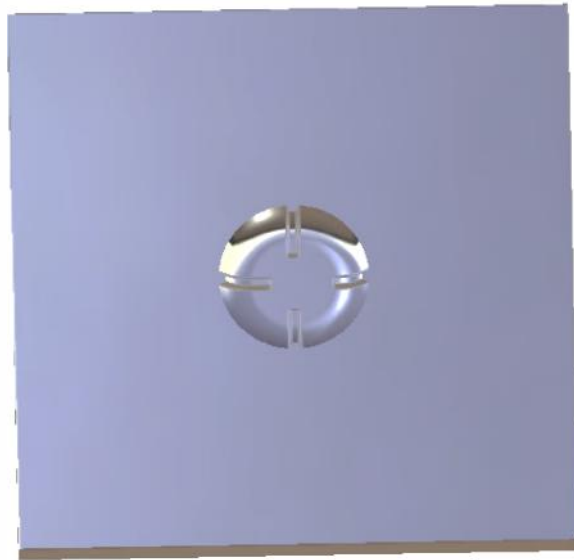
Obr. 17 Model zkušebního za ízení

1 - rám, 2 - vulkaniza ní lis, 3 - horní topná deska, 4 - horní deska s membránou, 5 - spodní tvarová deska, 6 - dolní topná deska

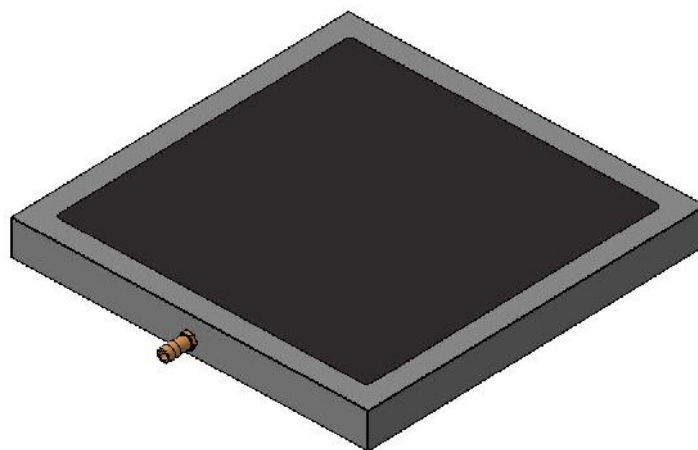


Obr. 18 Model zkušebního za ízení – p í zkoušení

Rovněž byly vytvořeny zkušební tvarové desky, jak z oceli, tak z hliníkové slitiny. Tvarová dutina byla vytvořena do spodní desky (Obr. 19), přičemž horní deska je membránová (Obr. 20), pro co nejpřesnější simulaci lisování pneumatiky v segmentové vulkanizační formě.



Obr. 19 Spodní tvarová deska



Obr. 20 Horní deska s membránou

10.2 Pr b h m ení

K lisování byla použita kau uková sm s ur ena pro b hounovou ást pneumatiky – tu ást, která je práv ve styku s povrchem dutinou formy. Před samotným lisováním, byla daná sm s na dvouválcí zplastikována (Obr. 21).



Obr. 21 Sm s po p íprav v dvouválcí

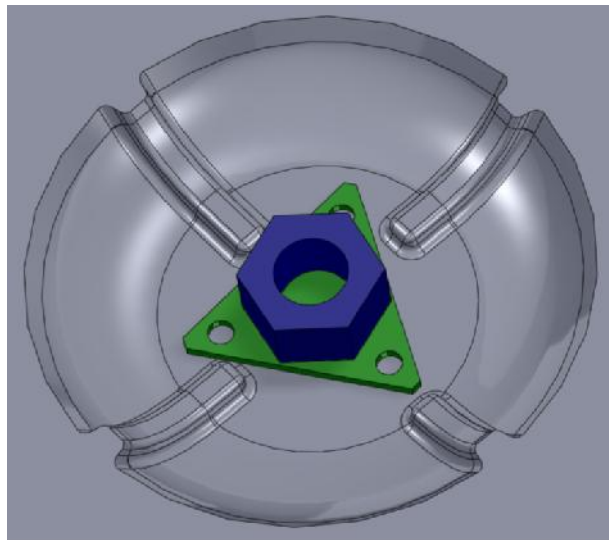
Následn byly vysekány polotovary (Obr. 22, 23). K minimalizaci p etok i nedolisk se p ípravily polotovary stejných hmotností. Před samotným lisováním, byl do formy vložen spolu s polotovarem plech s maticí, který sloužil k odformování hotového výlisku.



Obr. 22 Vyražené polotovary pomocí vysekávacích nož



Obr. 23 P ipravený polotovár k lisování



Obr. 24 Plech s maticí sloužící k odformování

P ipravený vzorek byl vložen do lisovací formy a p ikryt textilií (Obr. 26). Na textilii byla ješt položena plastová fólie, aby se docílilo toho, že výlisek z stane v dutině formy a nep ilepí se k membrán . Následující tabulka ukazuje procesní podmínky vulkanizace.

Tab. 2 Procesní podmínky vulkanizace

| | |
|------------------|---------|
| Teplota lisovací | 150°C |
| Teplota okolí | 25°C |
| Doba lisování | 30 min |
| Tlak v membrán | 0,5 MPa |



Obr. 25 Polotovar umíst ěný do formy



Obr. 26 Polotovar umíst ěný ve form ě a p ěkryt ě textil ě

Po uplynut ě p ědepsan ěho ěasu vulkanizace byla forma otev ěna a v ělisek pomoc ě šroubu a vratidla vytržen (Obr. 28). P ě ěm ě se pomoc ě digit ěln ěho silom ěru zaznamen ěna hodnota maxim ěln ě s ěly k odtr ěn ě v ělisku.



Obr. 27 Vylisek

Vlevo – model, vpravo – skute ný



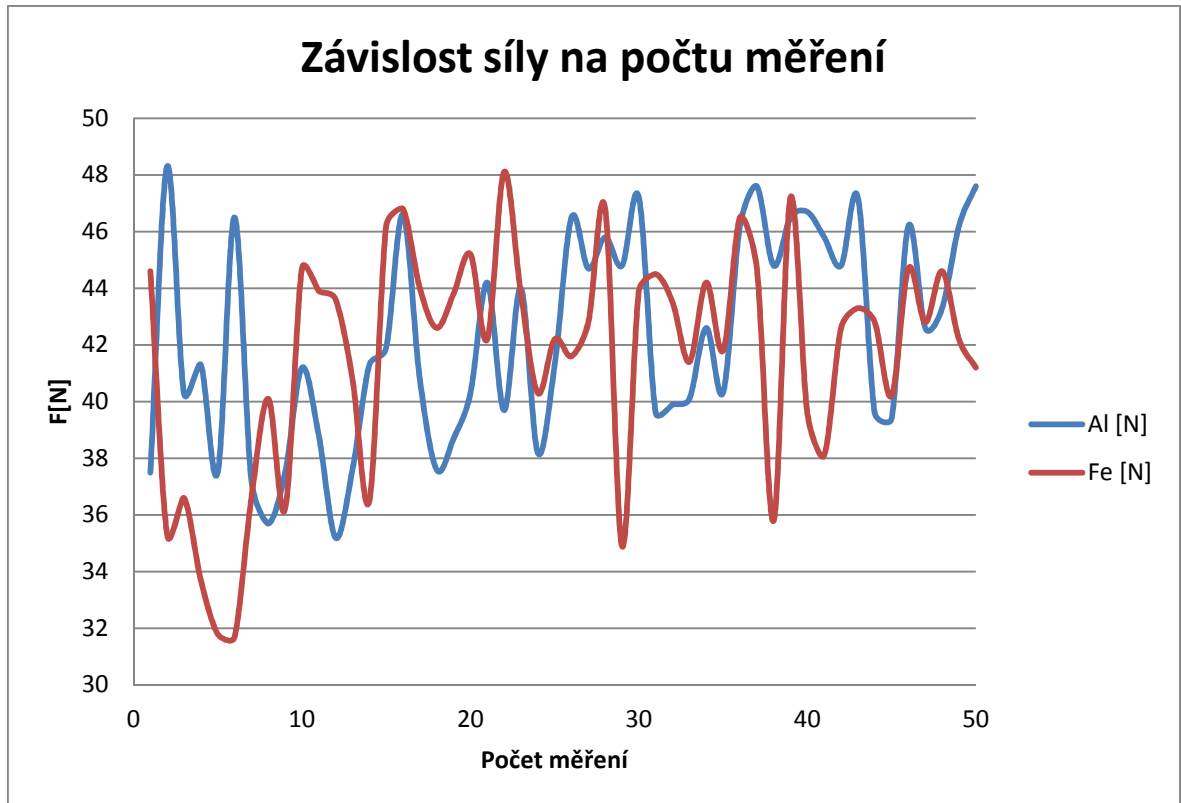
Obr. 28 M ěření síly k odtržení vylisku

10.3 Výsledky měření

Celkem proběhlo 50 měření, jak v ocelové formě, tak i ve formě ze slitiny hliníku.

Tab. 3 Naměřené hodnoty

| . | AL [N] | FE[N] | . | AL [N] | FE[N] |
|----|--------|-------|----|--------|-------|
| 1 | 37,5 | 44,6 | 26 | 46,5 | 41,6 |
| 2 | 48,3 | 35,3 | 27 | 44,7 | 42,8 |
| 3 | 40,3 | 36,6 | 28 | 45,8 | 46,8 |
| 4 | 41,3 | 33,7 | 29 | 44,8 | 34,9 |
| 5 | 37,5 | 31,8 | 30 | 47,2 | 43,9 |
| 6 | 46,5 | 31,7 | 31 | 39,6 | 44,5 |
| 7 | 37,2 | 36,6 | 32 | 39,9 | 43,5 |
| 8 | 35,7 | 40,1 | 33 | 40,1 | 41,4 |
| 9 | 37,5 | 36,2 | 34 | 42,6 | 44,2 |
| 10 | 41,2 | 44,7 | 35 | 40,33 | 41,8 |
| 11 | 38,8 | 43,9 | 36 | 46,2 | 46,5 |
| 12 | 35,2 | 43,6 | 37 | 47,6 | 44,7 |
| 13 | 37,6 | 40,8 | 38 | 44,8 | 35,8 |
| 14 | 41,3 | 36,5 | 39 | 46,5 | 47,2 |
| 15 | 41,9 | 46,2 | 40 | 46,7 | 39,6 |
| 16 | 46,6 | 46,8 | 41 | 45,8 | 38,1 |
| 17 | 40,8 | 44 | 42 | 44,8 | 42,6 |
| 18 | 37,6 | 42,6 | 43 | 47,2 | 43,3 |
| 19 | 38,7 | 43,8 | 44 | 39,6 | 42,8 |
| 20 | 40,3 | 45,2 | 45 | 39,4 | 40,2 |
| 21 | 44,2 | 42,2 | 46 | 46,2 | 44,7 |
| 22 | 39,7 | 48,1 | 47 | 42,6 | 42,8 |
| 23 | 44 | 43,8 | 48 | 43,3 | 44,6 |
| 24 | 38,2 | 40,3 | 49 | 46,2 | 42,2 |
| 25 | 41,3 | 42,2 | 50 | 47,6 | 41,2 |



Obr. 29 Graf naměřených hodnot

Průměrná hodnota síly k odtržení z ocelové formy činí $41,7 \pm 4$ N. Průměrná hodnota síly k odtržení z formy ze slitiny hliníku činí $42,3 \pm 4$ N.

Výpočet síly na plochu 1 mm^2 :

- Plocha dutiny formy $S = 350640,317 \text{ mm}^2$.
- Síla potřebná k odtržení výlisku z ocelové formy $F_{OV} = 41,7$ N.
- Síla potřebná k odtržení výlisku z formy z hliníkové slitiny $F_{AV} = 42,3$ N.

Síla potřebná k odtržení 1 mm^2 pryže z ocelové formy:

$$F_{Fe} = \frac{F_{OV}}{S} = \frac{41,7}{350640} = 1,188 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

Síla potřebná k odtržení 1 mm^2 pryže z formy z hliníkové slitiny:

$$F_{Al} = \frac{F_{AV}}{S} = \frac{42,3}{350640} = 1,207 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

11 ZKOUŠKA KOROZIVZDORNOSTI

11.1 Průběh zkoušky

Tuto zkoušku si firma Pneufarm nechala provést na Univerzitě J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. Testování koroze probíhalo v korozní komoře značky LIEBISCH za následujících podmínek:

- teplota v komoře 35°C
- teplota zvlhování 50°C
- tlak na trysce 0,1 MPa
- průtok solanky (5% roztok NaCl) 0,7 l/hod

Korozní zkouška probíhala nepřetržitě 30 dní a její podmínky simulují extrémní podmínky atmosférické koroze v přímo slunečném prostředí a odpovídají cca 4 – 5 letům působení v exponovaném prostředí.



Obr. 30 Korozní komora značky LIEBISCH

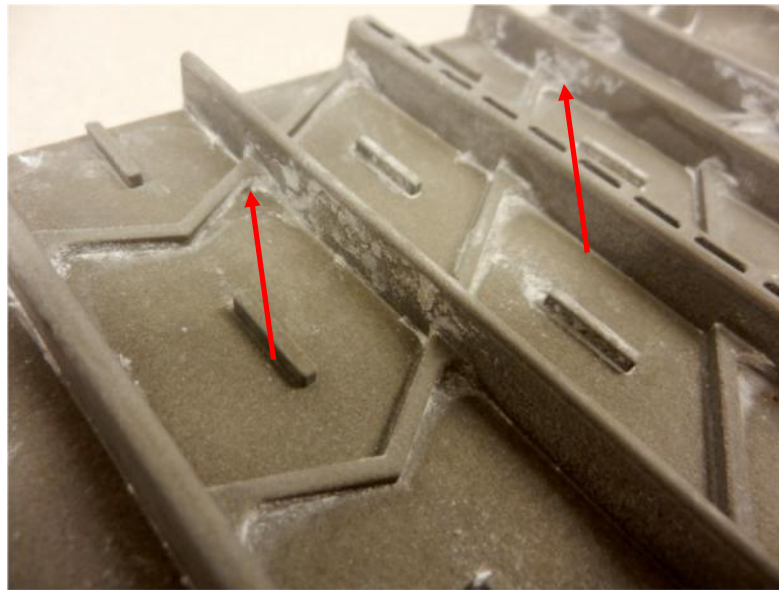


Obr. 31 Vnitřní prostor korozní komory LIEBISCH

11.2 Výsledky po 30 dnech testování

Po 30 dnech vzorky z korozní komory vybrány a analyzovány. U materiálu AlMg₃ je korozní napadení ve formě korozních zplodin (sv tlé oblasti a skvrny) patrné v místech, kde jsou ostré úhly, záhyby, výstupky a také na rovných plochách.

U materiálu AlSi₇ je korozní napadení ve formě korozních zplodin patrné hlavně v místech styku slitiny s ocelovými nerezovými lamelami a již také na rovných plochách.

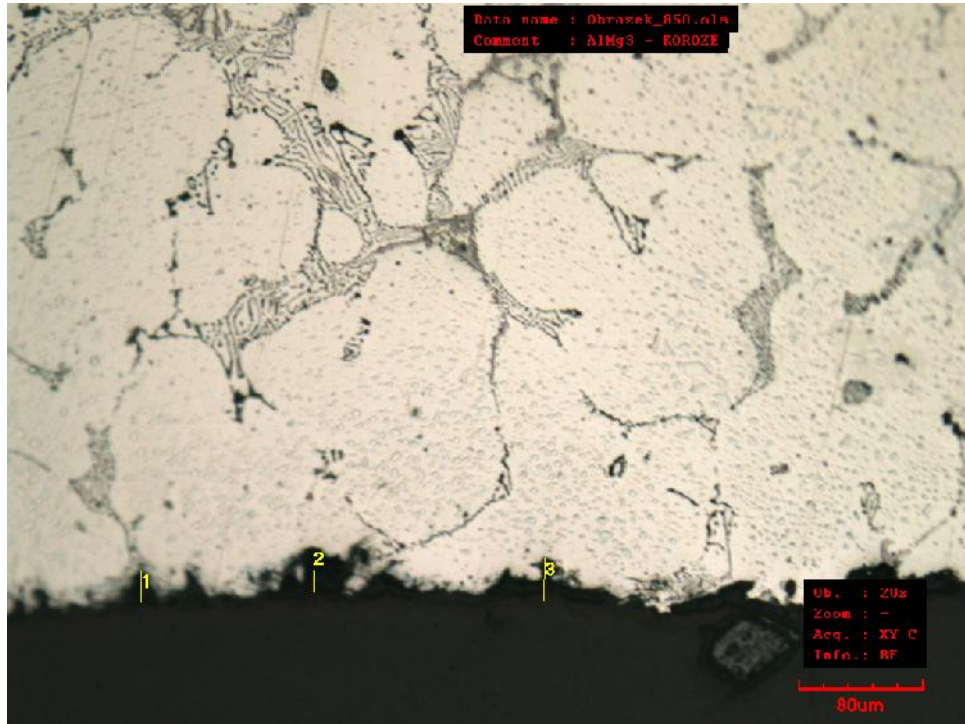


Obr. 32 AlMg₃ po 30 dnech korozního testování



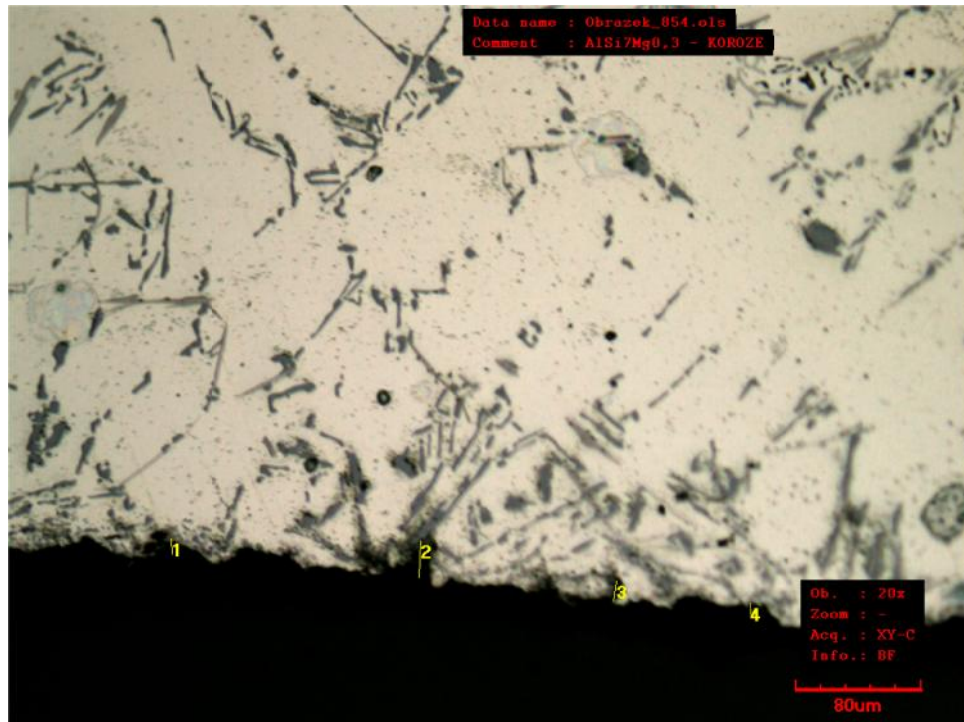
Obr. 33 AlSi₇ po 30 dnech korozního testování

Mikrostruktura $AlMg_3$ po 30 dnech korozního testování v míst výskytu koroze na povrchu vykazuje rozrušení povrchu a pronikání koroze dovnitř materiálu. Pronikání koroze se podobně projevuje v míst výskytu intermetalických fází $AlFeMn$ typu „ínského písma“. Hloubka korozního napadení zasahuje maximálně do hloubky 21 – 30 μm .



Obr. 34 Mikrostruktura $AlMg_3$ v míst výskytu koroze na povrchu po 30 dnech korozního testování – měření hloubky korozního napadení.

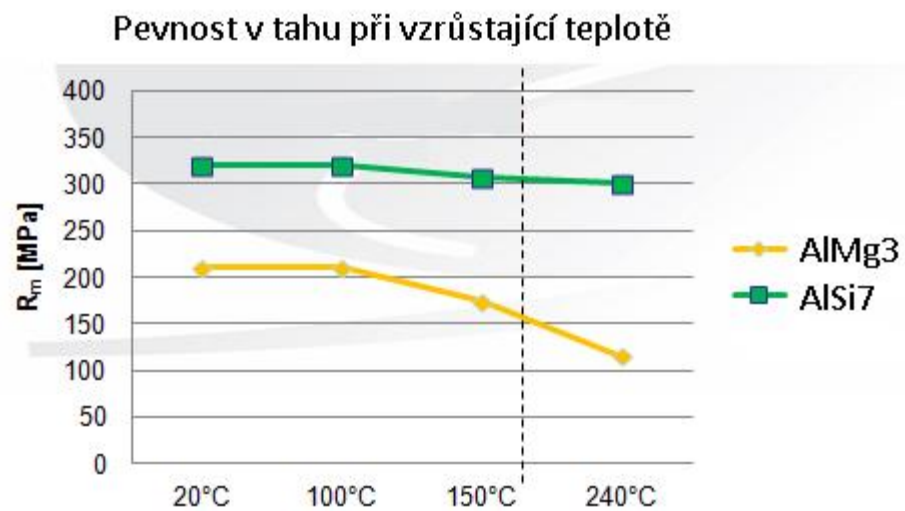
Mikrostruktura $AlSi_7$ po 30 dnech korozního testování v míst výskytu koroze na povrchu vykazuje rozrušení povrchu a pronikání koroze dovnitř materiálu. Pronikání koroze se podobně projevuje v míst výskytu Si částic a dalších intermetalických fází. Hloubka korozního napadení zasahuje maximálně do hloubky 7 – 25 μm . Mikrostruktura slitiny $AlSi_7$ vykazuje lokálně zvýšenou pórozitu materiálu, která je typická pro slitiny typu Al-Si.



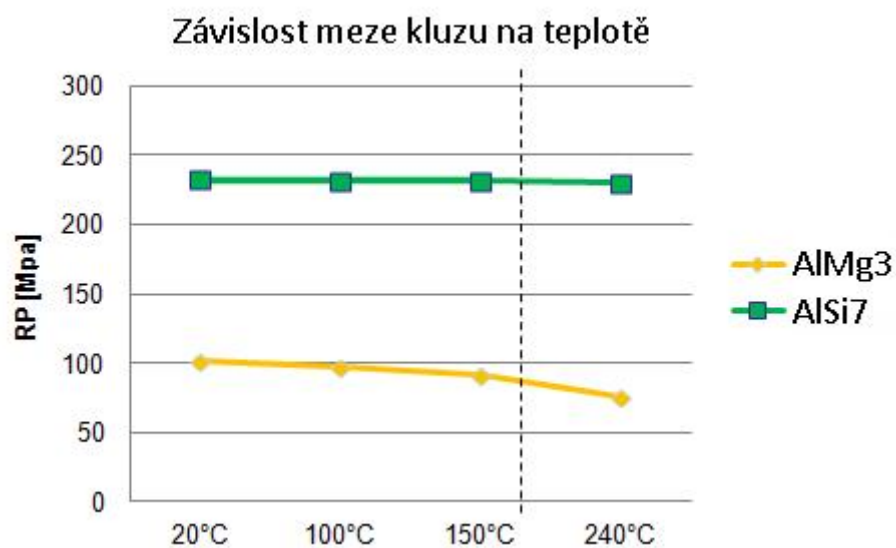
Obr. 35 AlSi₇ po 30 dnech korozního testování – mikrostruktura

12 TAHOVÁ ZKOUŠKA

K zjištění mechanických vlastností, zejména tahových byly odebrány vzorky jednotlivých slitin hliníky a byly podrobeny tahové zkoušce. Vzorky byly testovány i za zvýšených teplot, jelikož právě v vyšších teplotách je materiál formy namáhán.



Obr. 36 Závislost pevnosti v tahu na teplot



Obr. 37 Závislost meze kluzu na teplot

Tab. 4 Srovnání mechanických vlastností jednotlivých materiálů

| Materiál | R_m[MPa] | A [%] | R_p[MPa] |
|--------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| Al-Mg ₃ | 170 | 4 | 70 |
| Al-Si ₇ | 320 | 4,8 | 240 |
| 11 523 | 510 | 22 | 355 |

Slitina Al-Mg₃ patří do skupiny běžných lehkých materiálů pro výrobu forem pneumatik, ale jeho vlastnosti se prudce zhorší, pokud je vystaven teplotě vyšší jak 150°C, tento materiál je pak velmi náchylný na deformace vzniklé tlakem, jak samotného lisu, tak i vulkanizátu uvnitř formy. Naproti tomu slitina Al-Si₇ je stabilní i při teplotách nad 200°C, tím vykazuje lepší rozměrovou stálost a delší životnost. Slitina Al-Si₇ se svými vlastnostmi nejvíce blíží doposud používané oceli.

ZÁV R

P edm tem práce bylo zjistit, jestli je možné nahradit ocelové segmenty forem segmenty z hliníkových slitin $AlSi_7$ a $AlMg_3$. Postup výroby je u hliníkových forem snazší a rychlejší. Výrobu uleh uje hlavn to, že sta í vyfrézovat pouze jeden model a z toho jednoho modelu jsme schopni odlít všechny segmenty. To je hlavní d vod úspory ásu a financí oproti ocelovým segment m, které se musí všechny frézovat a následn jisk it.

Ale aby se mohly ocelové segmenty nahradit hliníkovými, musely se nejprve provést zkoušky, kterými se zjistily vlastnosti a chování t chto materiál v provozních podmínkách. Hlavním d vodem t chto zkoušek bylo zjistit, jestli jsou hliníkové segmenty schopny dovolit minimáln stejné podmínky odformování výlisku jako ocelové, dále odolat chemickým vliv m ve výrobním procesu a neposlední ad splnit pot ebné mechanické vlastnosti.

Ve zkoušce odtržením se provedlo 50 m ení ve form z oceli a 50 m ení ve form ze slitiny hliníku. Po vyhodnocení všech výsledk íní pr m rná hodnota síly pot ebné k odtržení z ocelové formy $41,7,0 \pm 4$ N a formy ze slitiny hliníku $41,3 \pm 4$ N. Po p epo tu na 1 mm^2 je pot eba síla $1,188 \cdot 10^{-3}$ N u oceli a $1,207 \cdot 10^{-3}$ N u slitiny hliníku.

Zkouška prokázala, že rozdíl pot ebné síly mezi slitinou hliníku a ocelí je zanedbatelný, což znamená, že v tomto sm ru je ocel nahraditelná.

Dále ve zkoušce korozivzdornosti byla provedena zkouška, kde byly slitiny hliníku $Al-Si_7$ a $Al-Mg_3$ podrobeny extrémním vliv m v laborato i po dobu 30 dn , které simulovaly 5 let ve výrobním procesu v p ímo ské oblasti. Test prokázal, že korozním ú ink m lépe odolává materiál $Al-Si_7$. Nejv tší korozní napadení vzniká v místech styku slitiny s ocelovými lamelami.

V poslední zkoušce byly vzorky obou hliníkových slitin podrobeny tahovým zkouškám p í zvýšených teplotách a to z d vodu, že formy jsou p í vulkaniza nímu procesu namáhány práv p í vyšších teplotách. Ze zkoušky vyplývá, že slitina hliníku $Al-Si_7$ dokáže odolat nap tí p í mezi kluzu a to až 240 MPa a to až do teploty na 200°C . Slitina už není tak stabilní a její mechanické vlastnosti rapidn klesají p í p ekro ení teploty 100°C .

Z výše uvedených zkoušek vyplývá, že testované hliníkové slitiny mohou p í výrob segment vulkaniza ních forem nahradit ocelové materiály. Z t chto dvou slitin hliníku je práv slitina $Al-Si_7$ nejvhodn jším adeptem pro nahrazení zmi ované oceli 11 523.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PREKOP, Štefan. *Gumárska technológia I.* 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 1998, 282 s. ISBN 8071004839.
- [2] PREKOP, Štefan. *Gumárska technológia II.* vyd. 1. Trenín: GC TECH Ing. Peter Gerši, 2003, 370 s. ISBN 808891485x
- [3] TOMIS, František.: *Gumárenská a plastická ská technologie, zpracovatelské procesy.* [Skripta]. 2.vyd. Brno1987 – Vysoké učení technické v Brn , Fakulta technologická ve Zlín .
- [4] JAHELKA, Miroslav. *Gumárenské a plastická ské stroje.* 2. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1974, 568 s.
- [5] FRANTA, I. a kol. *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže.* Praha: SNTL. 1969. 540 s. ISBN 04-626-69.
- [6] MAŠAS, Miroslav, František TOMIS a Josef HELŠTÝN. *Výrobní stroje a zařízení: gumárenské a plastická ské stroje.* Brno: VUT, 1990, 199 s. ISBN 802140213x.
- [7] ŠPAK, J.: *Technologie gumárenská a plastická ská II.* [Skripta]. 1.vyd. Brno 1980 – Vysoké učení technické v Brn .
- [8] LANXESS Green Tires Fact Book 2012. Dostupný z WWW: <<http://lanxess.com/en/corporate/media/publications/fact-book/>>
- [9] MALÁ J.: *Gumárenská technologie, skripta k přednáškám,* UTB 2008, FT Zlín
- [10] SMAZAL, Václav, ELLEDER, Pavel: *Nová generace vulkanizačních lis ŠKODA – zkušenosti z provozu.* Divize Vulkanizačních lis, Škoda TS a.s
- [11] PTÁK, Luděk. *Nauka o materiálu II.* 2., opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 8072042483.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|----------------|-------------------------------|
| min | Minuta |
| atm | Atmosféra |
| cm | Centimetr |
| N | Newton |
| hod | Hodina |
| μm | Mikrometr |
| MPa | Megapascal |
| A | Tažnost |
| AN | Akrilonitril |
| T _g | Teplota skelného přechodu |
| NR | Přírodní kaučuk |
| Dsk | Dávkování na sto dílů kaučuku |
| Fe | Ocel |
| N | Dusík |
| S | Síra |
| P | Fosfor |
| Si | Kemík |
| F | Síla |

SEZNAM OBRÁZK

| | |
|---|----|
| <i>Obr. 1 Získávání kaučuku ze stromu.....</i> | 15 |
| <i>Obr. 2 Vulkanizační kivička.....</i> | 23 |
| <i>Obr. 3 Schematické znázornění závislosti kroučicího momentu na času vulkanizace.....</i> | 24 |
| <i>Obr. 4 Mechanický lis.....</i> | 27 |
| <i>Obr. 5 Hydraulický lis.....</i> | 28 |
| <i>Obr. 6 Pílená forma.....</i> | 30 |
| <i>Obr. 7 Průřez pílenou formou.....</i> | 30 |
| <i>Obr. 8 Segmentová forma.....</i> | 31 |
| <i>Obr. 9 Sestava segmentové formy.....</i> | 32 |
| <i>Obr. 10 Segment formy.....</i> | 33 |
| <i>Obr. 11 Rozdíl ceny výroby forem.....</i> | 38 |
| <i>Obr. 12 Frézovaný segment.....</i> | 39 |
| <i>Obr. 13 Frézovaný nákladní segment.....</i> | 39 |
| <i>Obr. 14 Model segmentu.....</i> | 39 |
| <i>Obr. 15 Otisk segmentu.....</i> | 39 |
| <i>Obr. 16 Hotový segment.....</i> | 40 |
| <i>Obr. 17 Model zkušebního zařízení.....</i> | 41 |
| <i>Obr. 18 Model zkušebního zařízení – před zkoušením.....</i> | 41 |
| <i>Obr. 19 Spodní tvarová deska.....</i> | 42 |
| <i>Obr. 20 Horní deska s membránou.....</i> | 42 |
| <i>Obr. 21 Směs po přípravě v dvouválci.....</i> | 43 |
| <i>Obr. 22 Vyrobené polotovary pomocí vysekávacích noží.....</i> | 43 |
| <i>Obr. 23 Připravený polotovar k lisování.....</i> | 44 |
| <i>Obr. 24 Plech s maticí sloužící k odformování.....</i> | 44 |
| <i>Obr. 25 Polotovar umístěný do formy.....</i> | 45 |
| <i>Obr. 26 Polotovar umístěný ve formě a překrytý textilií.....</i> | 45 |
| <i>Obr. 27 Vylisek.....</i> | 46 |
| <i>Obr. 28 Měření síly k odtržení vylisku.....</i> | 46 |
| <i>Obr. 29 Graf naměřených hodnot.....</i> | 48 |
| <i>Obr. 30 Korozní komora značky LIEBISCH.....</i> | 49 |
| <i>Obr. 31 Vnitřní prostor korozní komory LIEBISCH.....</i> | 49 |
| <i>Obr. 32 AlMg₃ po 30 dnech korozního testování.....</i> | 50 |

| | |
|---|-----------|
| <i>Obr. 33 AlSi₇ po 30 dnech korozního testování</i> | <i>50</i> |
| <i>Obr. 34 Mikrostruktura AlMg₃ v míst výskytu koroze na povrchu po 30 dnech korozního testování – měření hloubky korozního napadení</i> | <i>51</i> |
| <i>Obr. 35 AlSi₇ po 30 dnech korozního testování – mikrostruktura</i> | <i>52</i> |
| <i>Obr. 36 Závislost pevnosti v tahu na teplot</i> | <i>53</i> |
| <i>Obr. 37 Závislost meze kluzu na teplot</i> | <i>53</i> |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. 1 Příklad p edsm si | 18 |
| Tab. 2 Procesní podmínky vulkanizace | 44 |
| Tab. 3 Naměřené hodnoty | 47 |
| Tab. 4 Srovnání mechanických vlastností jednotlivých materiálů | 54 |

SEZNAM P ÍLOH

- P íloha I** Výrobní výkres zkušebního výlisku
- P íloha II** Výrobní výkres spodní (tvarové) desky
- P íloha III** Výrobní výkres horní (membránové) desky