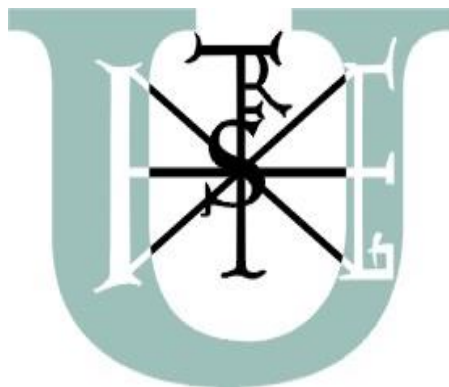




JÁRMŰIPARI GUMI-FÉM ALKATRÉSZEK ÉLETTARTAMÁNAK VIZSGÁLATA

Készítette:

Ledenyák Martin

IV. folyamatos hallgató

Konzulensek:

Belső: Dr. Keresztes Róbert

Külső: Dr. Renner Tamás

Gödöllő

2014

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés.....	3
1.1 A választott téma jelentősége	3
1.2 Célkitűzés.....	3
2. Szakirodalom áttekintése	4
2.1. A gumiipar technológiája.....	4
2.2. A gépelem szerepe	5
2.3. Gumiösszetételek	5
2.4. A gumikeverék előállítása.....	6
2.5 Fröccstechnológia.....	11
3. Anyag módszer	12
3.1 Vizsgált szilent blokk bemutatása	12
3.2 Előkészítés	14
3.3 Vizsgáló rendszerek bemutatása	16
3.4 A mérőkészülék tervezése, legyártása	17
3.4 Mérési módszer.....	19
4. Mérési eredmények.....	23
4.1 Az eredeti konstrukció mérési eredményei	23
4.2 Saját fejlesztésű konstrukció mérési eredményei	24
5. Konklúzió	26
6. Költségelemzés.....	28
7. Összefoglalás	29
8. Irodalomjegyzék	31

1. Bevezetés, célkitűzés

1.1 A választott téma jelentősége

A gumi szó hallatán sokaknak az autójuk keréktárcsáján lévő gumibroncs jut eszébe, holott a járműiparban még számtalan helyen használják ezt az anyagot. A különböző gépelemekbe történő beépítés során a gumi kedvező tulajdonságainak kiaknázása a cél, mint például a csillapítás, szigetelés, lengés,- rezgés elnyelése.

A gumiiparban számtalan olyan problémával találkozunk, amikor fém-gumikötést kell megvalósítani, legyen szó mezőgazdasági gépről, személygépkocsiról, repülőről. A felhasználási területeket áttekintve láthatjuk, hogy elég széles hőmérsékleti skálán kell megfelelniük az alkatrészeknek.

Dolgozatomban egy alacsony hőmérsékleten alkalmazott gumi szilént minőségi megfelelését vizsgáltam.

A jánosalmi Renner Bt. gumiipari vállalatot megbízta egy francia cég, hogy az általuk gyártott ratrakhoz megfelelő minőségű sziléntet állítsanak elő. Az általuk korábban felhasznált, Japánból importált gépelem ugyanis folyamatos meghibásodást eredményezett az erőátviteli szerkezetekben.

A cég lehetőséget kínált számomra, hogy részt vegyek a termék kifejlesztésében.

1.2 Célkitűzés

A megbízó minőségi kifogásai a következők voltak: rezgés elnyelés hiányában a hajtásátviteli egységekben maradandó meghibásodást okozott, ráadásul élettartalma csekély volt.

A dolgozatom során ezekre a hibákra keresek megoldást a céggel közösen. Első feladatomban a fémfegyverzet előkészítésének sajátossági paraméterek (szemcseszóró anyag típusa, felületi érdesség), majd gumikeverék folyási tulajdonságainak meghatározása, és a végén a megfelelő kötés érdekében a vulkanizálási tényezők pontosítása. Ahhoz, hogy az anyag tulajdonságairól pontos képet kapjunk, egy készüléket kell terveznem, melynek segítségével elvégezhetem a fárasztó vizsgálatokat.

Amennyiben a keverék megfelel a minőségi kívánalmaknak, megindulhat a sorozatgyártás.

2. Szakirodalom áttekintése

2.1. A gumiipar technológiája

Régészeti ásatások szerint, már a VI. században az amerikai indiánok is ismerték a kaucsukot, ám írásos feljegyzések csak 1495-től, Kolumbusz felfedező útjai kapcsán maradtak (*Bartha, 1988*). Európába 1745-ben került a kaucsuk de la Condamine francia természettudós utazásai nyomán, ám jelentős felhasználás 1823-tól indult meg, amikor szabadalmaztatták az első szövetbe áztatott vízhatlan esőkabátot. 1826-ban Faraday meghatározta a kaucsuk kémiai összetételét, ami komoly tudományos alapot képezett a későbbi kutatásokhoz.

1839-ben szintén fontos pillanat következett be, amikor az amerikai C. Goodyear feltalálta a vulkanizálás eljárását, így egy új anyag jött létre, a gumi.

1876-ban Wilckham 70 ezer Hevea Brasiliens magot csempészett Londonba, amelyből 2000 tő cserjét termesztett. Ezzel megkezdődött a kaucsuk iparszerű termelése. Így tehát a gumifa termékét már régen nem csak Braziliából kapja a világ. Elsősorban Malajzia és Indonézia trópusi ültetvényein lett honos. A harmincévenként újratelepitett ültetvények már a harmadik generáció óta jó megélhetést, és előnyös stratégiai pozíciót biztosítanak e távol keleti országoknak. Fél-magyarországnyi terület évi 2 millió tonna gumit termel jól szervezett kisgazdaságokban, s a növénynevelés újabb eredményeivel – klónozással – a hozam egyre nagyobb. A hektáronkénti 2 tonnás évenkénti kaucsuktermelés akár évi 3 tonnára is felfuthat (*Czvikovszky et al, 2000*).

A XX. században fejlődésnek induló, napjainkban kicsúcsosodó járműipar mind gumiabroncsokban, mind különböző rezgéscsillapítókban, szilentekben óriási mennyiségű gumiút igényel, ami beindította a műkaucsuk kikísérletezését.

Hazánkban 1882-től beszélhetünk gumitermékek előállításáról, amikor Schottola Ernő megalapított az első ilyen üzemet.

Lényegi fejlődésre, viszont még várni kellett, csak 1973-ban történt a Taurus Gumiipari Vállalat megvásárolta a Semperit cégtől az acélbetétes radiál gumiabroncsokhoz előállításához elengedhetetlen információkat.

2.2. A gépelem szerepe

Az Aztec ratrakot a franciaországi, Crolles-ban szerelik össze. A gépet a sípályák karbantartására, a letömörödött, eljegesedett pályák felmarására, majd egyengetésére tervezték.

A jeges pályaszakaszok több ezer négyzetméterből is állhatnak. Ennek fellazítására 165mm átmérőjű tengelyre késeket hegesztenek, ezt megfelelő kerületi sebességre emelve, a kívánt lazítási mélységig a felületbe engedik. A jég marása káros rezonanciát ébreszt, ami a csapágyak, meghajtást végző hidromotor tönkremenetelét rohamosan felgyorsítja. Ezért kell kiemelt figyelemmel hozzá állni a rekonstrukciós tervezéshez. A magas, percenkénti 3000-es fordulatszám megköveteli az egytengelyűséget, homogén eloszlást, mert e nélkül szintén a többi gépelem tönkremenetelét okozhatjuk.

Másik nagy problémát a használati hőmérsékleti tartomány jelenti. A gépelemet úgy kell elkészíteni, hogy a gyártó által előírt $-40 +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ –os hőmérsékleti tartományt lefedje. Mindenképp egy olyan alapanyagot kell választanom, ami elviseli a 60 foknyi különbséget, megmarad a szilént teljesítmény-átviteli tulajdonsága maradó alakváltozás nélkül.

2.3. Gumiösszetételek

Ha a gumit összetevői, összetevők oldaláról akarjuk megközelíteni, akkor a következő képet kapjuk. A gumi előállítására szükségünk van:

- kaucsukra: amely a gumik nagy rugalmas viselkedésének hordozója, feltétele
- térhálósító anyagokra, amelyek a képlékeny kaucsukból térhálós szerkezetű elasztikus, azaz rugalmas anyagot kapunk.

E két anyag nélkülözhetetlen alkotók a gumigyártáshoz. A következő felsorolásban lévő anyagok szintén „szükségesek”, de elméleti szempontból nélkülözhetőek.

- töltőanyagok és lágyítók: a keverék technológiai tulajdonságait és a gumi műszaki jellemzőit valamint az árát javítják kedvezően,
- öregedés gátlók: a termék élettartalmát növeli

- egyéb adalék – és segédanyagok: hajtóanyagok, lángvédőről, tapadásfokozóról

Ezek az anyagok együttléte után beszélhetünk csak gumiról. A gumi, mint szerkezeti anyag nagyon eltérő tulajdonságok felvételére alkalmas, pl. 600-800%-os szakadási nyúlással rendelkező lágy gumi és a „csontkeménységű” keménygumi (ebonit) is előállítható belőle. A természetes kaucsuk nagyipari felhasználása 1839 után indult meg, miután C. Goodyear kidolgozta a kénnel való vulkanizálási eljárást. E felfedezés eredményeképpen olyan kiváló tulajdonságú gumikeveréket kapott, amelyből műszaki és egyéb célú felhasználásra vált képessé, egyes területeken nélkülözhetetlenné nőtte ki magát.

A természetes kaucsukot egyes növények kaucsuktejéből állítják elő. Több száz olyan növény létezik, melynek hancsrétege kaucsuktejet, latexet tartalmaz, de legjelentősebbnek a gumifát tartják számon. A latexbe (szűrés, hígítás után) ecet- vagy hangyasavat keverve fogják fel a kaucsukot, utána mossák, majd füstöléssel szárítják és teszik tartóssá. Az így elkészített kaucsukot tömbökbe préselve kerül forgalomba.

Az iparnak, viszont szüksége van speciális tulajdonságú gumikra is mindenezek mellett. Itt ki kell emelni, hogy különböző adalékanyagoknak köszönhetően számos tulajdonsággal felruházhatóak. (pl. olajállóság, vegyszerállóság)

Szintetikus, vagy műkaucsukról beszélünk minden elasztomerről, ha azt természetben előforduló nyersanyagból, (kőszén, kőolaj), vagy ezek származékaiból vegyipari úton állítjuk elő.

Ezeket szintén bálákba csomagolva hozzák forgalomba.

2.4. A gumikeverék előállítása

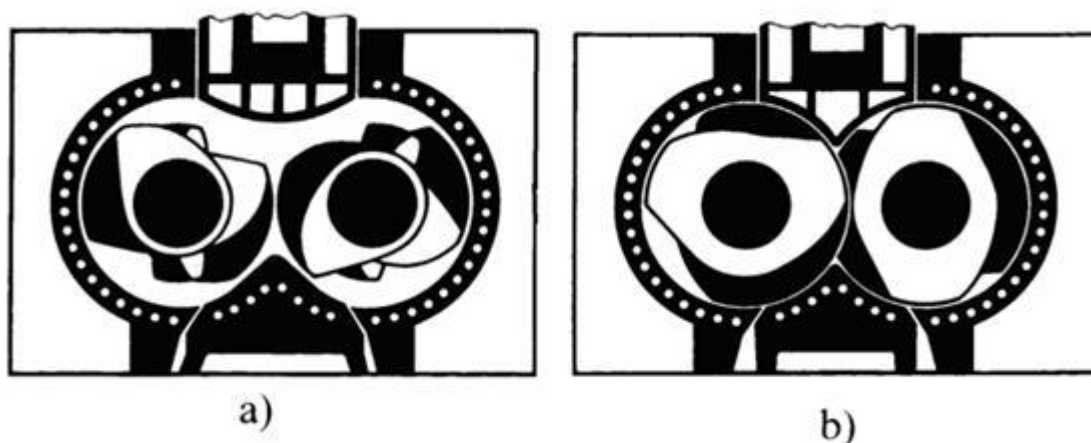
A kereskedelemben megvásárolt alapanyagok (kaucsuk) még önmagában nem vulkanizálható. Ahhoz, hogy ezt megtehessük, komoly technológiai folyamatokat kell előtte elvégezni, még pedig a következőket:

- keverés,
- kalanderezés,
- extrudálás,
- konfekcionálás,
- vulkanizálás

A műveletek természetesen a kívánt végtermék milyenségétől függ, így a felsorolásban ki is hagyhatunk közülük.

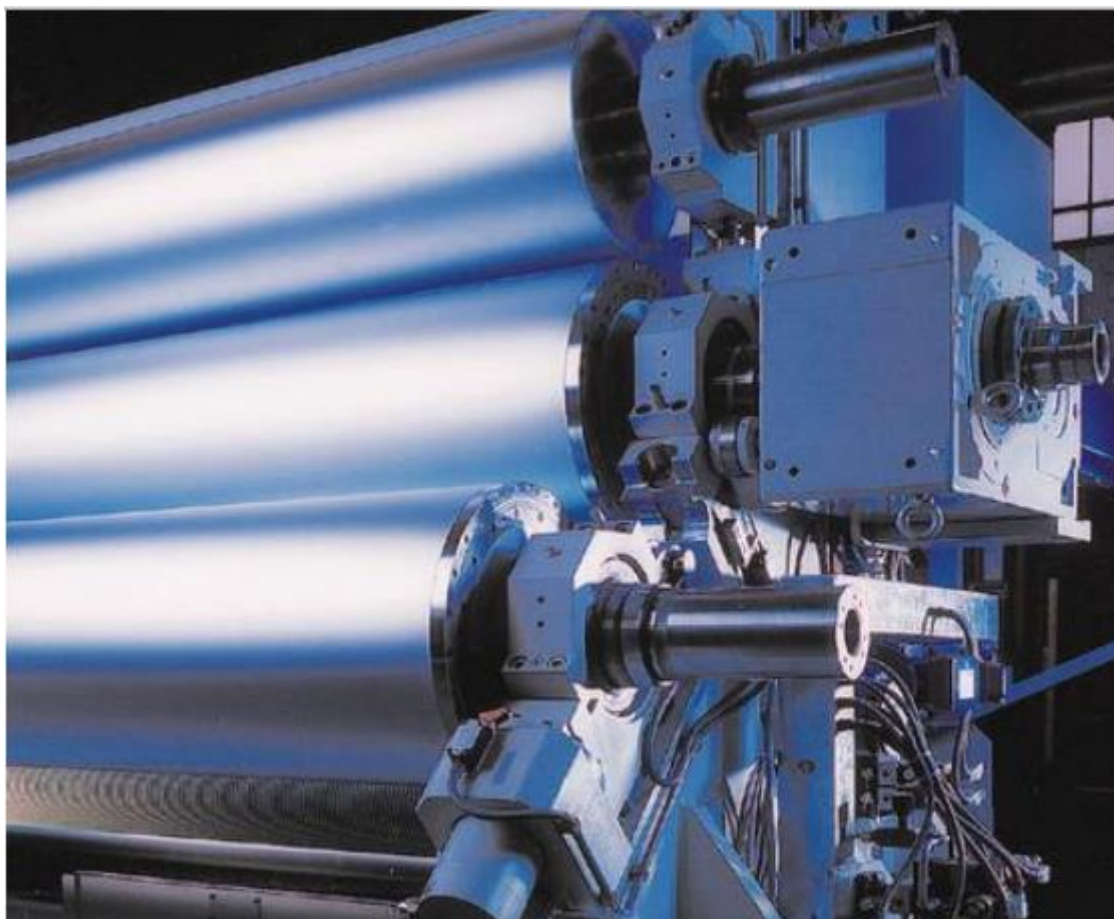
A **keverés** az első a gumiipari technológiai feldolgozó műveletek sorában (1. ábra). Ennek során alakulnak ki azok a reológiai, mechanikai jellemzők, amelyek az anyagot később alkalmassá teszik a kívánt tulajdonságú termék előállítására.

A keverést eleinte kizárólag hengerszéken végezték, de ezzel nem lehetett tökéletes tisztaságú keveréket előállítani, így az ipar megkövetelte a zártkeverő elterjedését, viszont a gumi masztikálásában elengedhetetlen.



1. ábra Zártkeverők metszetei: a) érintőleges (tangenciális) és b) egymásba hatoló elrendezés (<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/polimertechnika-alapjai/ch13s02.html>)

A következő lépéshez értünk, a **kalanderezés**hez (2. ábra). Olyan gumiipari alakadó művelet, ahol a két vagy több henger közé bevezetett keverék lemez alakot vesz fel. (A lemez vastagságát a hengerek közötti rés határozza meg, hossza elvileg végtelen lehet.) Kalanderezéssel főképpen olyan félkész-terméket állítanak elő, amely egy bonyolultabb gyártmány későbbi konfekcionálásához nyújt segítséget, félkész terméket kapva.



2. ábra Kalander

http://www.pt.bme.hu/futotargyak/6_BMEGEPTAE0P_2012oszi/Extr+kalland.pdf

Az **extrudálás** olyan folyamatos feldolgozó művelet, ahol egy célszerűen megtervezett csiga vagy dugattyú az előzőleg beadagolt gumikeveréket meghatározott profilú nyíláson keresztül nyomva elvileg végtelen hosszú félkész terméket eredményez.

A technológia lehet meleg-, vagy hideg-etetésű, attól függően hogy a garaton keresztül az anyagot felcsíkozva, vagy előmelegítve adagolják. Az extrudercsiga hossza mentén három különböző zóna található (3. ábra). Az első az etetőzóna, amelynek feladata a keverék könnyű befogadásának elősegítése, és továbbítása a kompressziós zónába. Itt az anyag nyomás alá kerül, ami a csökkenő menettérfogat eredménye. Attól függően, hogy a menetemelkedés vagy a csatornamélység csökken, magprogresszív vagy szögdegresszív csigákat különböztetünk meg. Az első és utolsó menettérfogat aránya a kompresszióviszony, amely az extrudercsiga tömörítő képességére jellemző szám. Ez gumiipari extrudereknél 1:1,1-1:1,4 között van

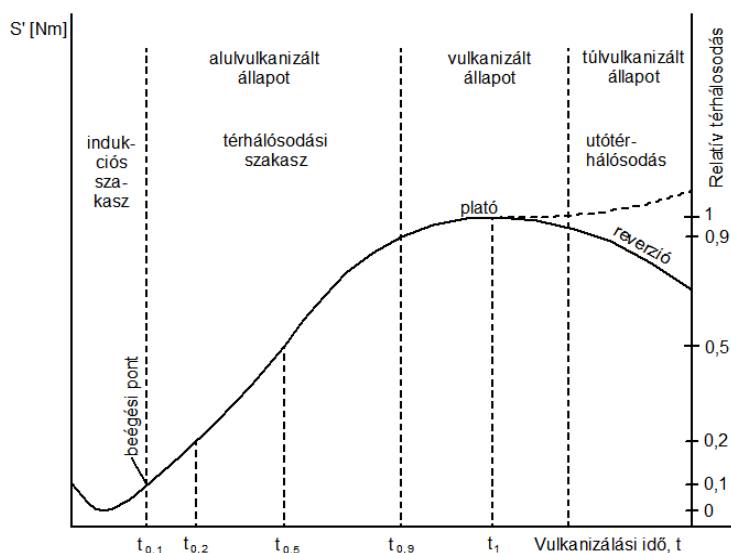
(Bartha, 1988). Az utolsó szakasz a kitolózóna, amelynek feladata az anyag továbbítása az alakadó szerszámba.



3. ábra Az extrudercsiga jellemző szakaszai

(http://www.pt.bme.hu/futotargyak/6_BMEGEPTAE0P_2012oszi/Extr+kalland.pdf)

A **vulkanizálás** az utolsó lépés a kaucsukkeverékek feldolgozó műveleteinek sorában. Itt válik a viszkoelasztikus kaucsukkeverék elasztikus gumivá, itt kapja meg végleges geometriai alakját, és műszaki tulajdonságait. A vulkanizálás során az elasztomerek hosszú láncmolekulái keresztkötésekkel összekapcsolódnak és sűrű térháló alakul ki. A vulkanizálási folyamat vizsgálatára a különböző reométerek alkalmasak, amelyek a nyírómodulusz időbeli lefolyását szemléltetik (4. ábra) (Morlin, 2004).



4. ábra. Vulkanizálási görbe (Czvikovszky, 2000)

A vulkanizálási görbe jellegzetes szakaszai: (Czvikovszky, 2000)

- Indukciós szakasz (t_0 – t_{s2}): a keverék még jól alakítható, a térhálósodás kismértékű, még szinte elhanyagolható.

- Beégési pont, beégési idő: a t_{s2} időpont után a keverék már nem formázható, nem veszi fel a szerszám alakját, a térhálósodás megindult.
- Térhálósodási szakasz: a $t_{s2}-t_{0,9}$ időtartam után a keverék már egyáltalán nem formázható, nem veszi fel a szerszám alakját, a térhálósodás erőteljesen zajlik.
- Porozitási határnak nevezzük azt az időpontot, ahol a nyomást megszüntetve már nem képződik pórus.
- Plató: a térhálósodás befejeződött, a fizikai-mechanikai tulajdonságok már csak nagyon kis mértékben változnak. A plató után a térhálósodási reakció helyett a lebomlási reakciók (degradáció) erősödnek fel.
- Utótérehálósodás és reverzió: a plató után felerősödő mellékreakciók miatt a természetes kaucsukok lágyulnak (a gumit alkotó makromolekulák bomlása, *reverziója* miatt), míg egyes szintetikus kaucsuk típusok tovább keményednek, utótérehálósodnak.

A vulkanizálás során a kiindulási kaucsuk szerkezete, továbbá az alkalmazott térehálósító szer függvényében különböző keresztkötés-típusok alakulnak ki, illetve jellemző atomcsoportok jönnek létre. A mono-, di-, poliszulfid, valamint a vicinális kötések a dién típusú elasztomerek hagyományos kénes vulkanizálása során alakulnak ki. Ezeknek a kéntartalmú kötéseknek a kötéserőssége a fenti sorrendben csökken. A műszaki gyakorlatban alkalmazott keverékeknél 3-5% ként alkalmaznak (*Bartha, 1988*). A kettős kötések tartalmazó műkaucsukoknál a hagyományos kénes vulkanizálás nem alkalmazható, az ilyen esetekben más vulkanizáló szereket használnak. Ezek lehetnek fém oxidok, peroxidok stb. (*Niewenhuizen, 2000*).

A vulkanizálás gépei:

A gépek a technológiától függetlenül az alábbi funkciókat látják el:

- pontos, könnyen szabályozható laphőmérséklet (max. 200 °C),
- tág határok között szabályozható záró nyomás (4-6 N/mm²),
- merev vázszerkezet,
- hidraulikus szeparátorok, asztalmozgatók alkalmazása,
- korszerű elektronikus diagnosztikai rendszer,
- nagy zárási sebesség (50 mm/s).

2.5 Fröccstechnológia

A gumitermékek előállításának legkorszerűbb módja a különböző fröccsprésekkel történő vulkanizálás. Az eljárás lényege, hogy az adagoló csigával a kamrába adagolt gumikeverék mennyiségét egy célszerűen erre a feladatra kialakított dugattyú préseli a zárt szerszámba. Azáltal, hogy a befecskendezés zárt formaüregekbe történik, a termékek csaknem sorjamentesen emelhetők ki a szerszámból (*Masberg, 2005*).

A vulkanizálás után a termékek felületén maradt beömlési helyek eltávolítására a cseppfolyós nitrogénnel történő ún. kriogén sorjázási eljárás terjedt el, amely könnyen automatizálható, ezzel az ipari tömeggyártás egyszerűen megvalósítható.

A fröccstechnológia szabályozható paraméterei a következők:

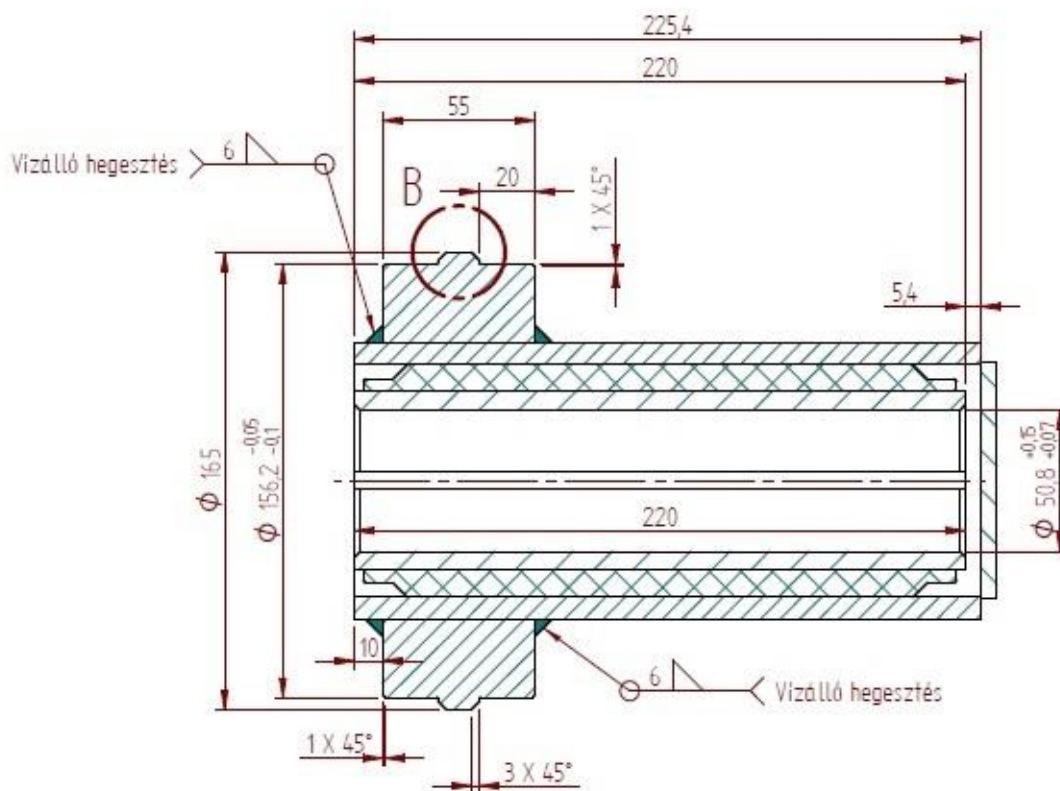
- befecskendezendő adag mennyisége,
- befecskendezés sebessége és sebességprofilja,
- befecskendezés nyomása és nyomásprofilja,
- a dugattyúkamra és a fűtőlapok hőmérséklete,
- a préslapok sebessége,
- a fűtés ideje,
- a préslapokat összezáró erő nagysága,
- a különböző szeparátorok mozgási iránya és sebessége.

Az 1000-1500 bar befecskendezési nyomás hatására a szűk keresztmetszeteken, beömlő csatornákon áthaladó gumikeverék jelentősen felmelegszik (kb. 100-110 °C), ezáltal a vulkanizálódási idő nagymértékben lerövidül (*Hofmann, 1980*). A technológia további előnye, hogy igen nagy a nyomás a szerszámműregben és ezáltal a gumi-fém kötés nagy biztonsággal kialakul. A gépek felépítés szerint lehetnek vertikális és horizontális kialakításúak is. A felügyelet nélküli gyártástechnológia a horizontális kivitelnél alkalmazható, mert a gravitáció segíthet a termékek kiürítésében (*Varga, 1968*).

3. Anyag módszer

3.1 Vizsgált szilent blokk bemutatása

Ahogy a dolgozatomban elején említettem, a szilentet nem megfelelő anyagminőségben állították elő, ezért számunkra még nagyobb kihívás, egy új, időtállóbb szilent legyártása. A cég által küldött termék alapján, megterveztem a saját termékünket. Az alábbi rajzon szemléltetem is (5. ábra).



5. ábra szilent blokk metszeti rajza (saját kép)

Mivel a blokkot beszállítótól vásárolta a francia cég, így semmilyen szilárdságtani tulajdonsággal nem tudtak szolgálni. A befoglaló méreteket méréssel felvettük, azok alapján készült el a rajz, viszont a gumikeverékről semmilyen adatunk nem volt. A gép (6. ábra) működési tartományából tudunk következtetni, hogy egy lágy, még is szívós keveréket kell keresnünk, hogy eleget tegyen a kívánalmaknak. Problémák között megjelent a gumi, fémfegyverzetről való leválása is. Így különös figyelmet kell fektetnünk a gumi-fém kapcsolat tökéletesítésére.



6. ábra a gép munka közben

(www.aztec.fr)

A gép működési tartományából (-40°-tól, +20°-ig) annyit megtudunk, hogy lágy keveréket kell keresnünk, de ennek ellenére még is nagy nyomaték (800Nm) átvitelére is képes legyen.

Ennek megoldására potenciális lehetőséget kínál az NK63 gumikeverék. Az alábbi táblázatban szemléltetem a választásunk okát (1. táblázat):

1. táblázat Renner Bt. technikai adattáblázat

Keverék	R1630F1			
Cég	Renner Bt.			
Vulkanizálási felület	Próbatest	Rúd		
Ellenőrzés		Mértékegységek	Alapértékek	Tényleges értékek
Szakítószilárdság	DIN 53504	Mpa		12
Nyúlás	DIN 53504	%		550
Keményység	DIN 53504	Shore keménység		63
Sűrűség	DIN ISO 1183	g/cm ³		1,2
Rugalmasság	DIN 53512	%		45,5
Kompressziós t. 72h 100°C	DIN ISO 815	%		45
Reológiai Adatok			Idő: 8 perc	Hőmérséklet: 180°C



7. ábra NK 63-as alapanyag felhasználás előtt (saját kép)

3.2 Előkészítés

Ahogy azt már az előző részben is taglaltam, nem volt megfelelő a gumi-fém kapcsolat, ezért nyomatékosan oda kell rá figyelniük.

Az előírt technológia szerint végzett fémelőkészítés az egyik előfeltétele a tartós és korrózióálló, nagy szilárdságú kötésnek. Az előkezeléskor mechanikusan, majd kémiai utón is megtisztítjuk.

Alapvetően a fegyverzetek kémiai tisztítása minden gumi-fém kötés első lépése, függetlenül attól, hogy melyik eljárást alkalmazzuk. A tisztítást elsősorban szerves oldószerrel, zsírtalanítóval és vízben oldódó anyagokkal használjuk.

A felület zsírtalanítása alapvető feltétele a későbbi ragasztás sikerének. A fém alkatrészek kémiai tisztítása után mechanikus előkezelés ajánlott, mivel ez a művelet kémiailag aktív, fém tiszta felületet eredményez.

A fém felületének mechanikai úton történő érdesítése, egyrészt a laza mechanikusan tapadó szennyeződések (rozsa, reve) eltávolítása miatt, másrészt felület kémiai aktivitásának növelése érdekében végeztük.

Az így kezelt érdes felületen számos aktív hely alakul ki, ahol a kötőanyag (primer) az alapfémmel kapcsolódási pontok kialakítására képes. A szemcseszórást sűrített levegő

segítségével végezzük, úgy alapvető követelmény, hogy az száraz és zsírmentes legyen. Különösen fontos ez alacsony hőmérsékleten, amikor a pára lecsapódik a fémfegyverzetek felületén, ezzel oxidációt okoz a frissen kezelt alkatrészekben. Ez rozsdaképződéshez is vezethet, ami különösen káros a végeredmény tekintetében. Ezen okok miatt az alapozó réteget (primer) rövid időn belül, de mindenképpen ugyanazon a napon kell felhordani, amikor a fémre a mechanikai kezelést végeztük. A primer réteg felhordása után gondoskodunk a tiszta tárolásról (zsírmentes, pormentes), ha nem azonnal történik a fröccsöntés. Az előzőekben leírtam a fémfegyverzetek tökéletes előkészítését, most a ragasztóval ellátást fogalmazom meg.



8. ábra Ragasztással, festéssel ellátott alkatrészek (saját kép)

Az esetünkben kétrétegű ragasztót használunk. Ezek az anyagok általában a halogénezett polimerek és fenol gyanták szerves oldószerekben oldott keverékei. A művelet a primer réteg felhordásával, majd annak megszáradása után a kötőréteg kialakításával kezdődik. (8. ábra) Fontos, hogy a rétegek ne keveredjenek egymással, vagyis a ragasztóanyagokra megadott száradási idők betartása elemi követelmény. A ragasztó biztosítja a kapcsolatot a fémfegyverzet és a gumikeverék között oly módon, hogy a primer rész az alapfémhez, a kötőréteg pedig a gumikeverékhez kapcsolódik. A vulkanizálás során a kötőanyag beépül a

gumimátrixba, ezáltal kémiai kötés alakul ki a két réteg között. A diffúziós folyamatok is fontos szerepet játszanak a kötés kialakulásában. Az összetett rendszer különösen akkor jár technikai előnyökkel, ha magas követelményeket támasztanak a dinamikus szilárdsággal vagy a korrózióállósággal szemben.

Ezek a lépések elvégzése után már biztos kötésre számíthatunk.

3.3 Vizsgáló rendszerek bemutatása

A méréshez használt univerzális szakítógép típusa Zwick Roell Z100, terhelhetősége 100 kN (9. ábra). A Zwick Roell Z100 típusú szakítógép közvetlenül csatlakozik egy számítógéphez. A méréshez beállítandó paramétereket a hozzá kapcsolódó számítógépen található Text Expert software segítségével lehet beállítani. A software gyűjti a mérési adatokat. Ezek az adatok közvetlenül a software-ben is feldolgozhatóak. A mért paraméterek további feldolgozására lehetőség van Ms Excel formátumban is.



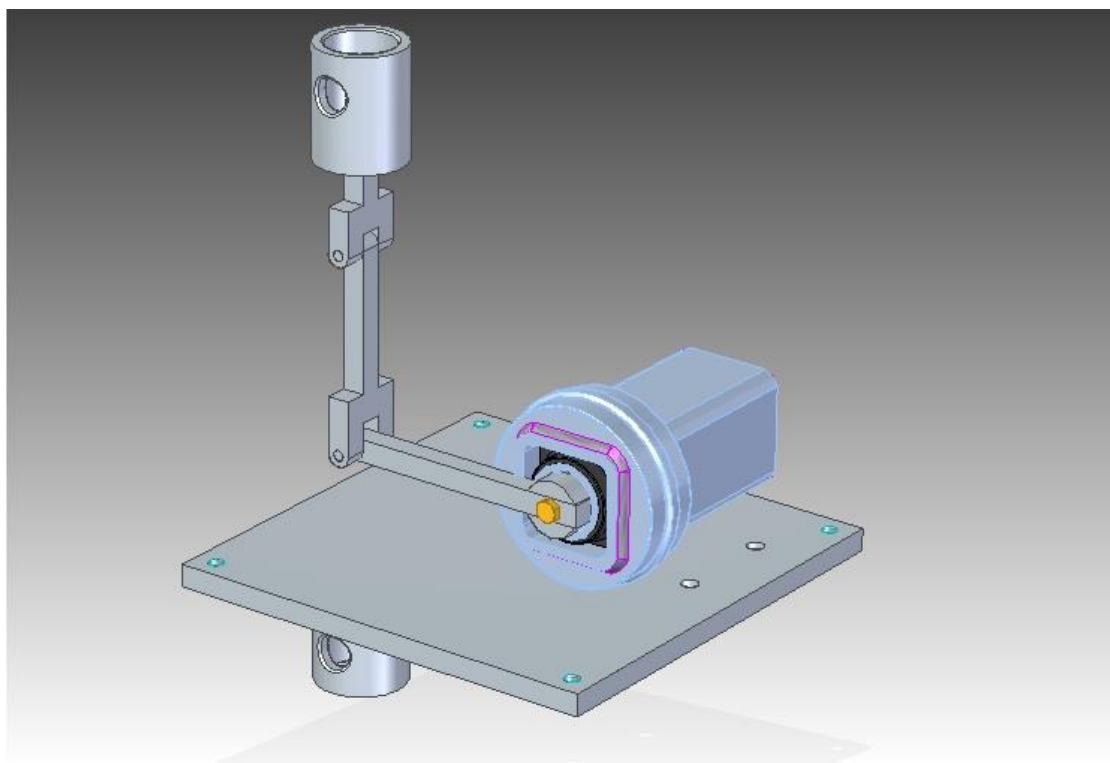
9. ábra Zwick/Roell Z100 szakítógép (saját kép)

Ahogy az előbb már leírtam, a szakítógép univerzális így teljes mértékben megfelelő eszköz a mérésünkre. A gép képes húzó/szakító, nyomó/törő vizsgálatok elvégzésére. Ez a két tulajdonsága kell a mérésünkhöz. Mérésünk során választ várunk, hogy megfelelő-e a fém és gumi fegyverzet kapcsolata, az előírt szögelfordulást képes-e elviselni a szilent blokk.

3.4 A mérőkészülék tervezése, legyártása

Ahogy az előző képen is láthattunk a szakítógép befogó pofákkal van ellátva. Ezekkel nem valósítható meg a mérés, ehhez készüléket kellett terveznem. A készüléknél elsődleges cél az volt, hogy más alakú, nagyságú szilent rögzítése is megtörténhessen a készüléken. Új furatok elhelyezésével, ez teljes mértékben kivitelezhető.

A tervek Solid Edge tervező program segítségével készültek el (10. ábra).



10. ábra összeállítási kép a készülékről (saját kép)

Ahogy a képen is látszik, több alkatrészből tevődik össze a szerkezetet. Segítségemre a Renner Bt. Szerszámkészítő műhelye volt. Tervezésem során 20mm-es vastagságú C45-ös táblalemezt használtam a megfelelő merevség eléréséhez. Ennek az első lépése, a kivágás, ami a Mazak lézervágóval történt. Ezt követően marókészüléken állítottuk be a

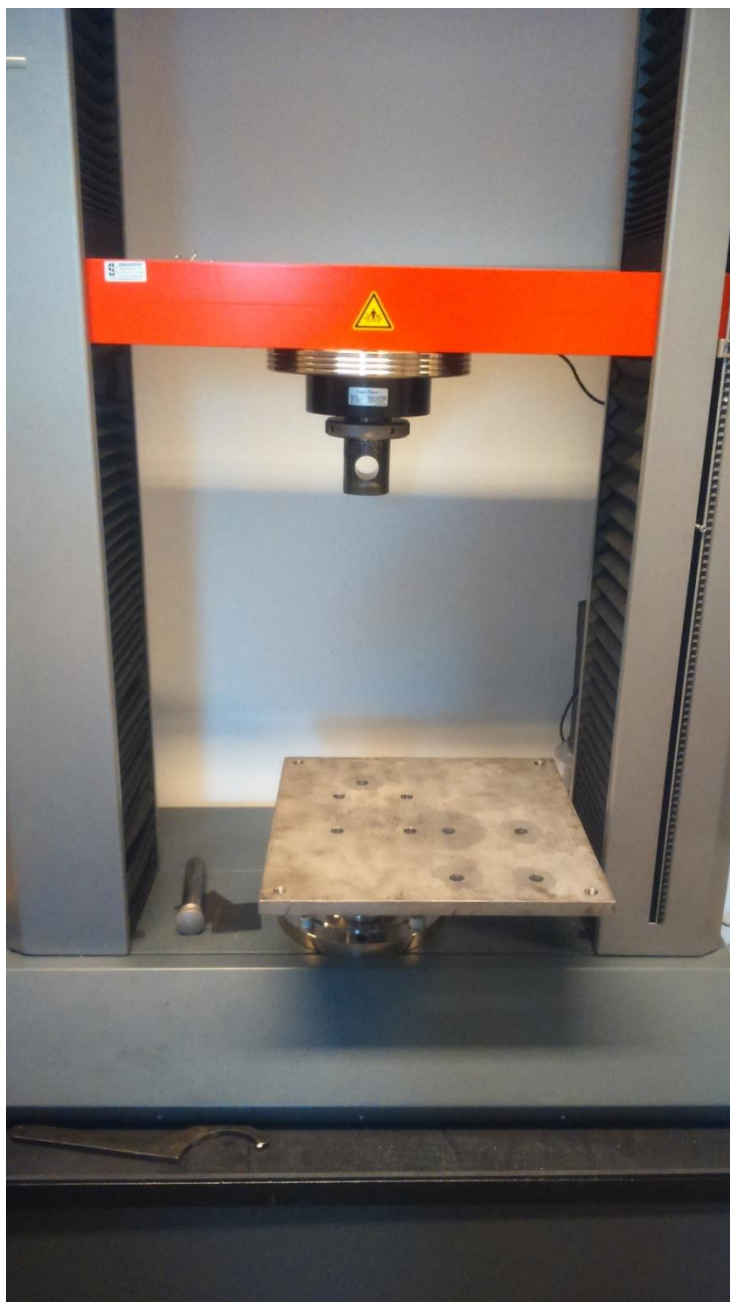
párhuzamosságot, majd a furatokat készítettük el. A szilent rögzítése a lemezre cuppánt csavarral történt. Ehhez M16-os menetes orsót lánghegesztővel felmelegítve, ráhajtottuk a blokkra, ezzel könnyen oldható, egyszerű rögzítést értünk el.



11. ábra cuppántok elkészítése közben (saját kép)

Ezek a műveletek elvégzése után már csak a szakítógépre való felszerelés marad. A gép konstrukciójából fakadóan ez egy gyors lépés. Biztosító csavarok meglazítása, majd a csapok eltávolítása után, eltávolíthatóak a befogópofák, helyükre könnyen felhelyezhető szilent vizsgáló készülék.

Az alábbi képen láthatjuk a felhelyezés egyik lépését (12. ábra).

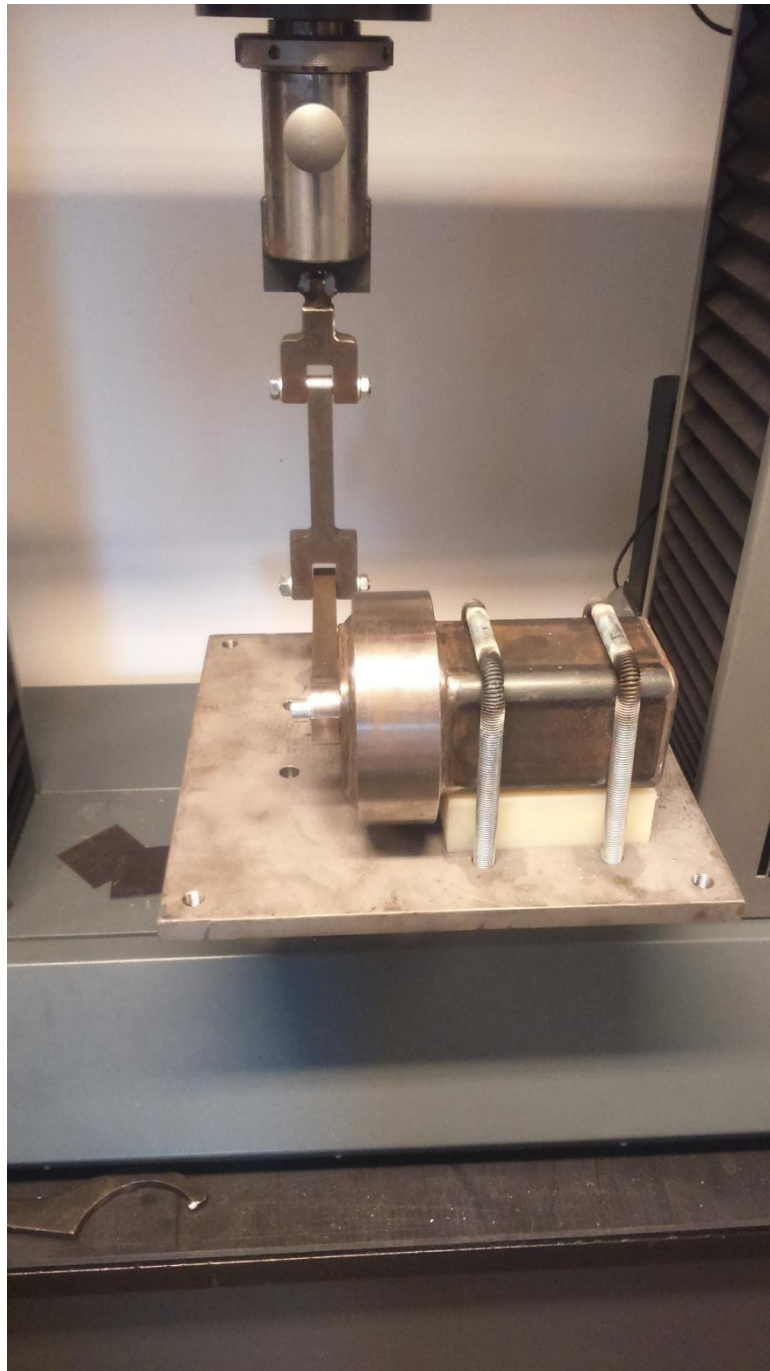


12. ábra a szakítógépre való felhelyezés közben (saját kép)

3.4 Mérési módszer

Mint minden vizsgálat előtt tisztában kell lennünk milyen beállításokat igényel a gép (13. ábra). Legelső lépésként definiálnunk kell a nullpontot, ahonnan a mérést kívánjuk indítani. Itt

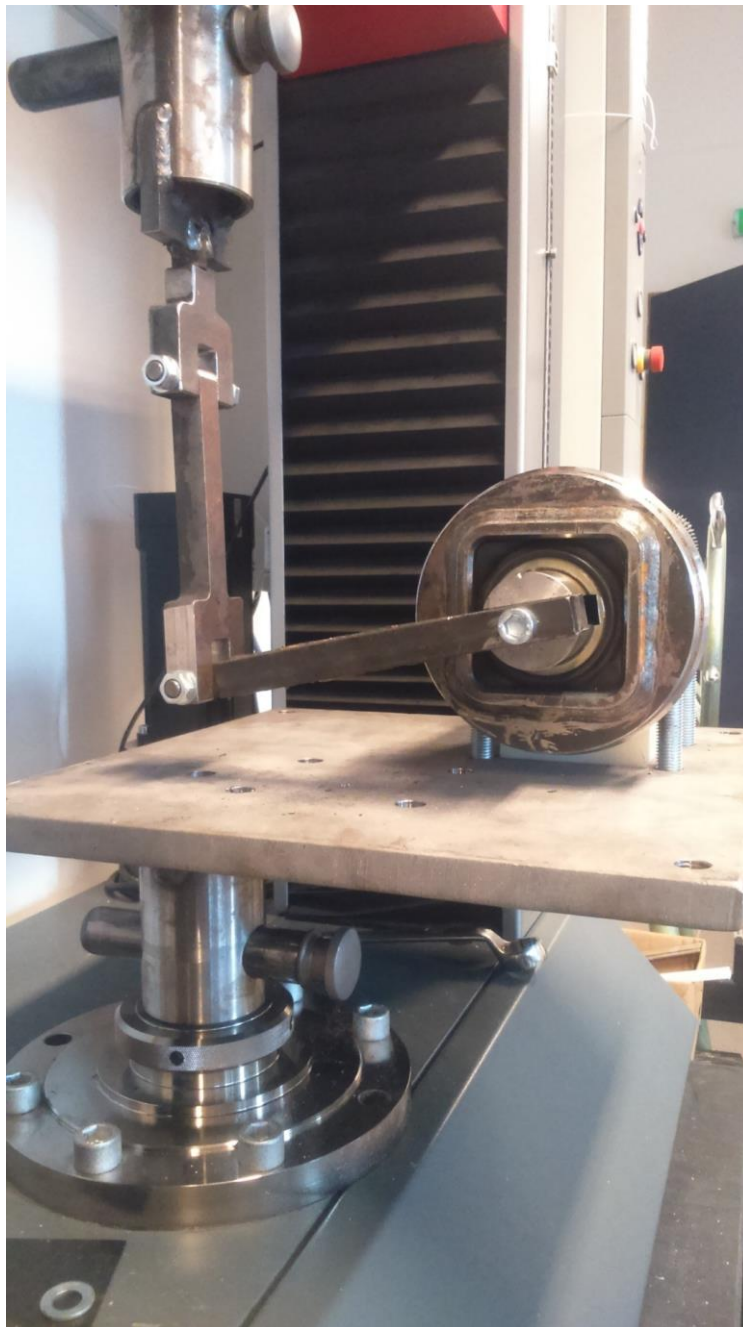
teljes mértékben terhelés mentesnek kell lenni-e a rendszernek (ezt a csapok „könnyű” kihúzásával is tudjuk ellenőrizni).



13. ábra vizsgálat indítás előtti állapot (saját kép)

A külső ellenőrzések és a beállítások elvégzése után a szoftveres beállítások elvégzése következik. Legelső pontosítást a szakítás sebesség definiálása követeli. A gép tulajdonsága megengedi, hogy 0.005-től 300 mm/perc sebesség közül válasszunk. A szakirodalomban nem találtam hasonló mérést, így szabadon választhattam a sebességek közt.

Mérésemkor, 100mm/perces sebességet, +/- 50 mm-es kitérést választottam, 5 periódus lefutása mellett.



14. ábra 50mm-es elmozdulás (14 fokos) vizsgálati maximum pont (saját kép)

A mérőcella érzékenységét felemelve, az 5ciklus után több mint 53 ezer adat került feljegyzésre. A szakítógép felkínált lehetőségei közül az erő-elmozdulás diagramjai kirajzolását választottam. Így egy trigonometrikus szögfüggvény segítségével visszaszámolható a tényleges szögelfordulás. A mérés 20°-on történt.

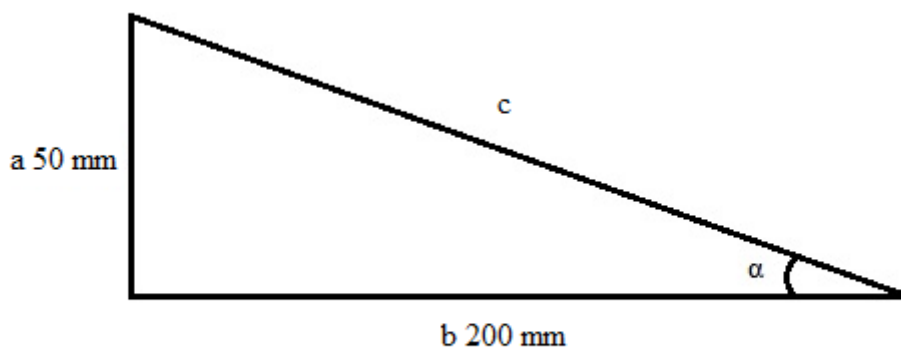
A mért adatokhoz az alábbi reláció hozzárendelésével az Excel táblázatban egy gyorsan megoldást kapunk a szög meghatározás problémájára.

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{\text{szöggel szemközi befogó}}{\text{átfogó}}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} = \frac{\text{szög melletti befogó}}{\text{átfogó}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\text{szöggel szemközi befogó}}{\text{szög melletti befogó}}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\text{szög melletti befogó}}{\text{szöggel szemközi befogó}}$$



15. ábra a kitérés számolása

Behelyettesítés után megkapjuk a következő eredményt:

$$\operatorname{tg} = \frac{50}{200} = 0.25$$

szögre viasszaszámolva:

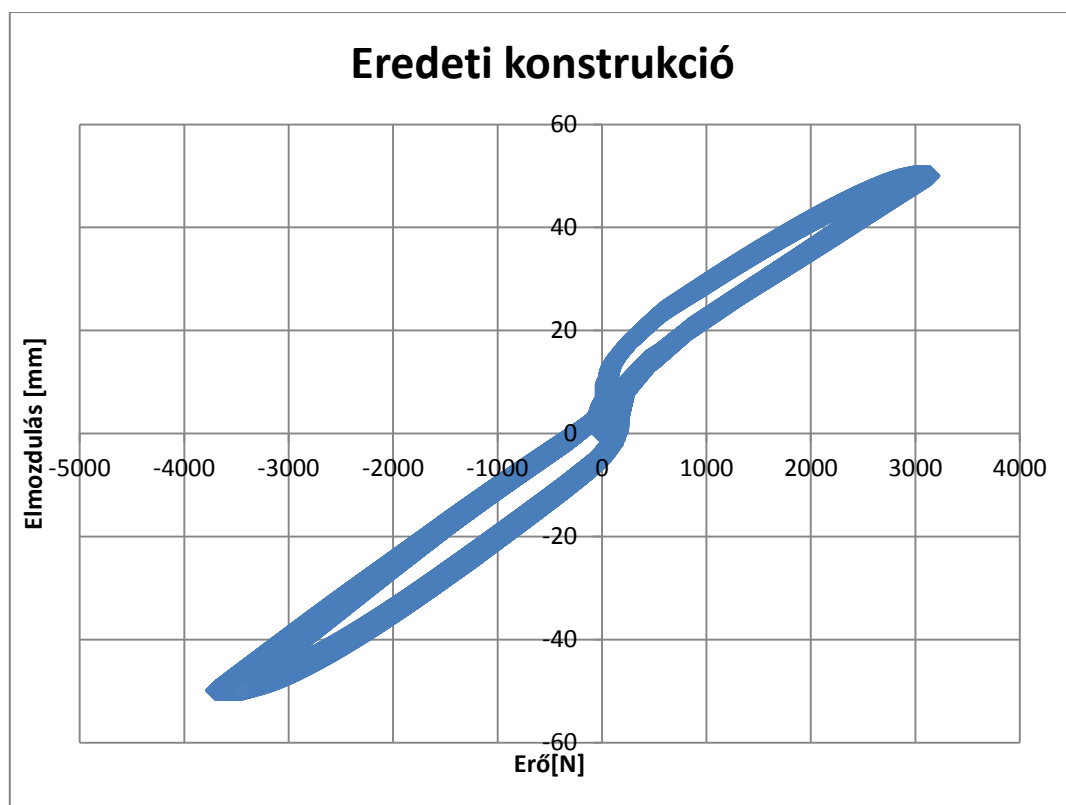
$$\operatorname{arc} \operatorname{tag} \alpha = 0.25 = 14.03624^{\circ}$$

Ezzel megkapjuk a fokban maximum kitérést +/- irányba.

4. Mérési eredmények

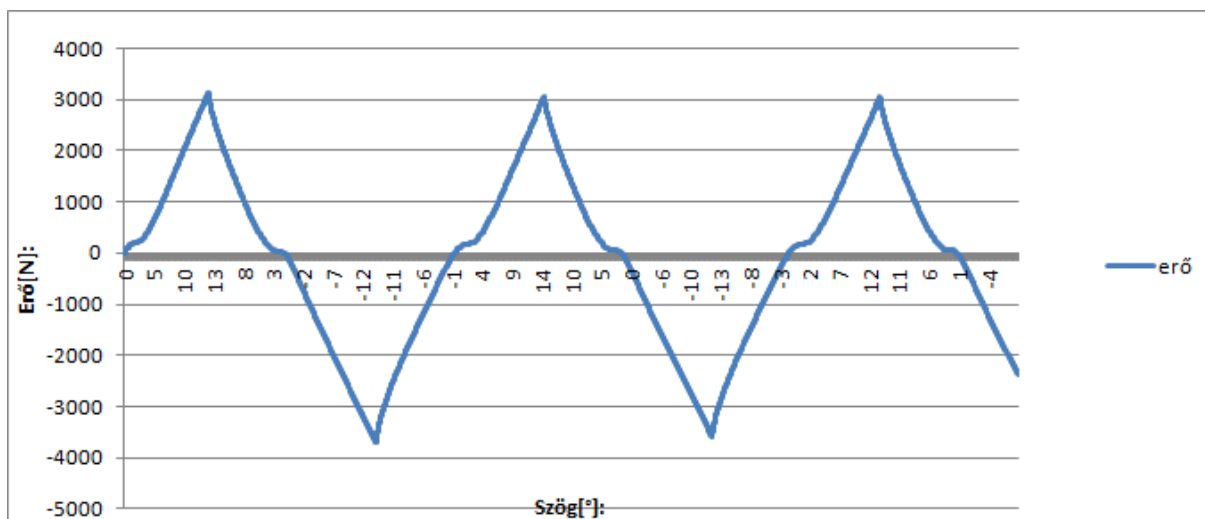
4.1 Az eredeti konstrukció mérési eredményei

A fent felsorolt beállítások után elvégeztem a mérést, az alábbi táblázatokban összefoglalom a felvett adatokat (16. ábra).



16. ábra eredeti konstrukció erő-elmozdulás diagramja

A diagram vonalának a vastagsága abból fakad, hogy egy táblázatba van felvéve. Maximális értéket pozitív irányban 3142.24N, negatív irányban 3698.41N vett fel 14 fokos kitérésnél. Szemléltetve erő-elfordulás diagramon, az alábbi összefüggést kapjuk (17. ábra).

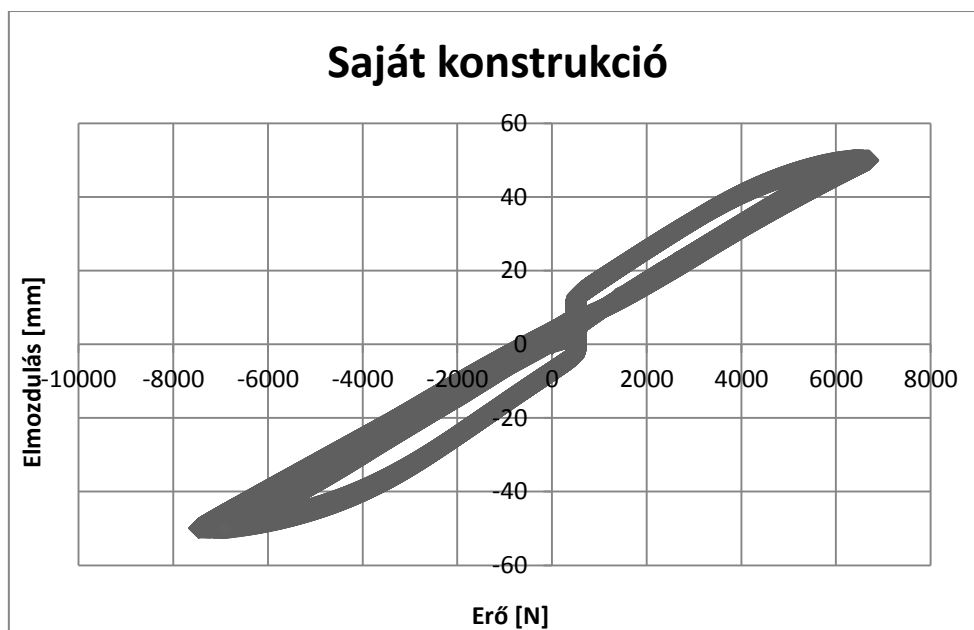


17. ábra erő-szögfordulás diagram

A mérés befejeztével visszaállítjuk alaphelyzetbe a szakítógépet, tehermentesítjük a készüléket, majd megcseréljük a két kísérleti próbatestet, és elindítjuk újra a mérést.

4.2 Saját fejlesztésű konstrukció mérési eredményei

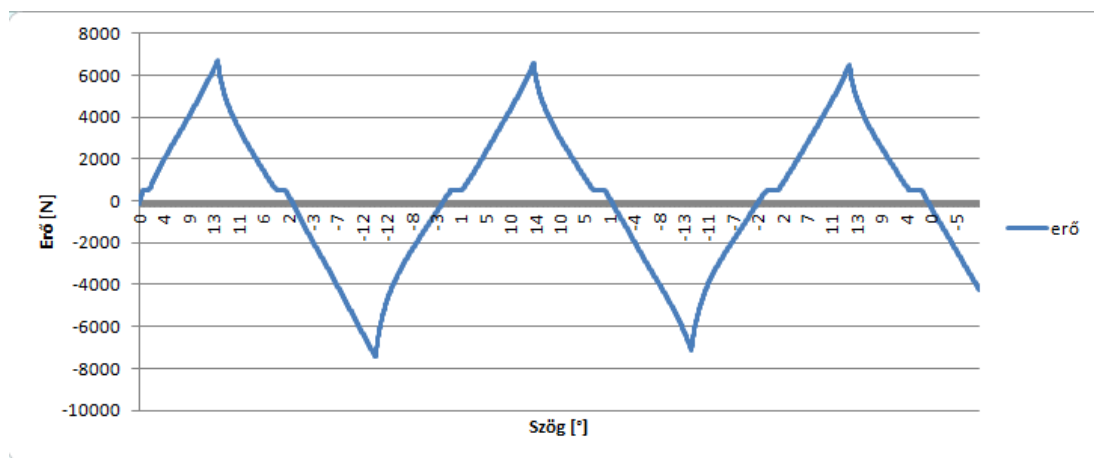
A kísérletet szintén az alapbeállításokkal kezdjük, ugyan azt a mérési eljárást folytatjuk le, mint az előző szilentnél (18. ábra).



18. ábra saját konstrukció erő-elmozdulás diagramja

A maximum erő ebben az esetben, pozitív irányban egészen 6695.01N-ig kitolódott, míg negatív irányban 7462.05N-ig felvett erőt.

Ismét a szögelfordulást láthatjuk (19. ábra)



19. ábra erő-szögelfordulás diagram

5. Konklúzió

A két diagramot egymás mellé helyezve azonnal szembe ötlő a különbség. A görbék hiszteréziséből (görbék által bezárt terület alapján) következtethetünk arra, hogy egy szívósabb, masszívabb keveréket sikerült előállítani, ahogy azt a francia cég is kérte. A szilentet eddig „belülről” most kívülről vizsgáljuk meg. A diagramokon nem látszódik, de a japán importú blokk nem bírta terhelést. Sajnos nem bonthatjuk meg, így csak a próba darabnál tapasztalt ismeretekből következtethettem a nem megfelelő gumi-fém kapcsolatra.



20. ábra készülék segítségével lehet kipróbálni a tengelyt (saját kép)

Ebben az esetben nem alkalmaztunk kötő anyagot, így tudtuk csak kipróbálni a tengelyt. Ezt a műveletet, azért végeztük el, hogy meggyőződjünk arról, hogy kell-e a festékréteg (21. ábra). Mivel sértetlenül könnyen szét tudtuk nyomni, így arra jutottunk, hogy mindenképp fel kell szórni.



21. ábra ragasztóréteg nélkül elkészített darab (saját kép)

A képek alapján azt tapasztaltam, hogy a vizsgált import szilnet ugyan így elvált a fémtől, így joggal kijelenthetem, hogy nem volt megfelelő a kötés (22. ábra).



22. ábra elvált gumi-fém kapcsolat

Sokak számára kérdést fogalmazhat meg, hogy hogy lehet az, hogy elsőre megfelelő szilendet állíthattunk elő. Ez annak köszönhető, hogy a Renner Bt. nagy tapasztalattal rendelkezik a különböző gumikeverékek terén.

A méréseket szobahőmérsékleten végeztem a Szent István Egyetem Tanműhely tulajdonában lévő szakítógépen vizsgáltam. Anyagi okok miatt, nem hűtőkamrában mértem le.

Következő lépésként a szilent fárasztó vizsgálatára készíték készüléket. Terveim szerint egy megfelelő teljesítményű villanymotor egy excenteres hajtóművel, periodikusan működteti. Kiszámolom fordulat alapján, hogy mennyi üzemórának számítana ez valós környezetben. Így meghatározott ideig működtetve a szerkezetet, tudnék pontos következtetéseket levonni az esetleges elváltozásokról.

6. Költségelemzés

A mai világban minden a pénz körül forog, minden egyes lépésünknek anyagi vonzata van. Meg kell találnunk az optimumot, a minőség és a költség közt. A mérésekből már megtudtuk, hogy egy piacképes terméket sikerült gyártanunk, de gazdasági oldalról még nem közelítettük meg.

Az alábbi pontokban összeállítom az anyagi vonzatát a terméknek.

LWB Steinl VREFE 3200/2000 fröccsöntő gép rezsióra díja: 8.000,- Ft/óra, vulkanizálási idő: 18 perc, szerszám és az új elemek felfűtési ideje: 15 perc, alkatrészek összeállítása, szerszám össze- majd, szétszerelése: 2 perc. Összesen: 35 perc $\approx$ 4.670,- Ft

Szikraforgácsolással hornyolt cső: 8.000,- Ft/db

Külső ház: 6.000,- Ft/db

Festék+ragasztószórás: 2000,- Ft/db

NK63 gumikeverék: 900,- Ft/kg, de nekem 845cm^3 kell, a gumi fajsúlya: 1.2g/cm^3 , így 1014g/cm^3 , ami átszámolva 912.6,- Ft/kg

Összesen (bruttó ár): 21579.26 $\approx$ 21580,- Ft

A francia céggel való szerződésben az áll, hogy ők állják a késztermék elszállításának költségeit. Éves szinten 100 db-ot kell tudnunk leszállítani. Ha ez teljesül, nettó 102.200,- Ft, bruttó 140.000,- Ft-os áron megvásárlásra kerül a cég terméke.

Így az éves profit:

$140000 - 21580 = 118420 \cdot 100 = \mathbf{11842000,-}$ Ft

Az alábbi képen láthatjuk az elkészülés utolsó fázisát, ahogyan LWB STEINLVREFE 3200/2000 gépen zajlik a vulkanizálás.



23. ábra szilent blokk vulkanizálás közben

7. Összefoglalás

A Tudományos Diákköri munkám kezdetén arra a kérdésre kívántam választ adni, hogy meg tudjuk-e valósítani a tökéletes fém-gumikötés kapcsolatát a kívánt minőségben, és ezt méréssel alá tudjam támasztani. Ennek elérése érdekében az egymástól fizikai tulajdonságaiban különböző gumi és fém komponensek határfelületén kialakuló kapcsolat vizsgálatára mérőberendezést terveztem, annak adatait összegyűjtöttem és kiértékeltem, táblázatba foglaltam. A kiértékelést követően látszódik a diagramokon a különbség, a kutató munka pozitív eredménye.

A munka már csak azért is sikeresnek mondható, hogy az eredeti szilent gumiösszetételéhez semmilyen receptúránk nem volt, csak a cég műszaki igazgatójának Dr. Renner Tamás ismereteire, szakértelmére támaszkodhattam a blokk feltérképezésének megkezdésekor.

A cég receptúrás könyveit megkapva, amiben az egyes gumialapanyagok mechanikai, kémiai tulajdonságai fel vannak sorolva, előre meghatározott szempontok alapján kiválasztottam NK 63-as gumialapanyagot. A céggel együttműködve megkezdődött a gyártástervezés. Elkészítettem a vulkanizáló szerszám valamint a hegesztőkészülék műhelyrajzát, ami legyártásra került. A festő üzemben elvégeztem a festék és ragasztóréteg felvitelét az alkatrészek megfelelő felületeire.

Ezt követően megindult a szilent blokk tényleges gyártása. Vulkanizálási paramétereket, hőfokot, időt optimalizáltuk, ennek eredménye, viszont csak a vizsgáló készülék segítségével válhatott kézzel foghatóvá.

E célból megterveztem egy univerzális gumi szilent vizsgáló készüléket, amit felhelyezve egy egyetemes szakítógépre mérést tudunk vele alkalmazni. Sokoldalúsága, egyszerűségében rejlik, mivel új furatok elhelyezésével más alakú, méretű szilent blokk terhelési, szakadási vizsgálata is elvégezhető rajta. Méretéből, szilárdsági tulajdonságának köszönhetően extrém méretek is megoldhatóak rajta, ami a járműiparban megtalálható.

Illesztései, százados pontosságúak, így a mérések tényleges, valós képet tükrözik.

A készülék előállítása elenyésző költséget igényel, ahhoz képest, hogy mekkora mennyiségű selejtet gyárthatna a cég abból fakadóan, hogy nem ismeri milyen minőségű terméket állított elő.

A készülékemmel, a külföldi cég import szilentjét és az általunk előállított szilentet méréseknek vetettem alá. A mérési eredményeket kiértékelve, teljes mértékben megfelelő, minőségi szilent blokkot produkáltunk.

Mivel a receptúránk feljegyzésre került, így bármikor módosítható, ha esetleg más kívánsága lenne a termékkel kapcsolatban a francia cégnek.

8. Irodalomjegyzék

1. Bartha, Z. (1988): Gumiipari kézikönyv, TAURUS-OMIKK, Budapest
2. Czvikovszky, T. Nagy, P.; Gaál J. (2000): A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest
3. Morlin, B. (2006): Polimerfeldolgozás és gépei, Műegyetemi dolgozat, Budapest
4. Niewenhuizen, P J., Haasnoot, J. G. Reedijk, J. (2000): Kautschuk Gummi Kunststoffe, Band 53, p. 144
5. Masberg, U.; Potthoff, A.; Eisenhuber, R.; Kain, G. (2006): Die selbstoptimierende Spritzgießmaschine, KGK 2006/8, pp. 372-376
6. Hofmann, W. (1980): Kautschuk-Technologie, Gentner Verlag, Stuttgart
7. Varga, B. (1968): Könnyű műszaki gumicikkek gyártása, Tankönyvkiadó, Budapest
8. Dr. Renner Tamás Phd (2013): Elasztomer-fém kötés kialakításának feltételei gépipari hibrid alkatrészek gyártásánál

Melléklet:

A szilent vizsgáló készülék rész összeállítási rajza