



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Mykolas Špokas

**AUTOMOBILIO SLENKŠČIO KONSTRUKCIJOS REMONTO
TECHNOLOGIJOS TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Dr. Vytautas Dzerkelis

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

AUTOMOBILIO SLENKŠČIO KONSTRUKCIJOS REMONTO
TECHNOLOGIJOS TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

(parašas) Dr. Vytautas Dzerkelis

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. Dr. Robertas Keršys

(data)

Projektą atliko

(parašas) Mykolas Špokas

(data)

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Mykolas Špokas

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija, 621E20001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Automobilio slenksčio konstrukcijos remonto technologijos tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 _____ m. _____ d.
_____ Kaunas _____

Patvirtinu, kad mano, **Mykolo Špoko**, baigiamasis projektas tema „Automobilio slenksčio konstrukcijos remonto technologijos tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATEDRA

Suderinta:

Studijų krypties programų vadovas
prof. Artūras Keršys

Transporto inžinerijos katedros vedėjas
doc. Rolandas Makaras

2016 m. vasario mėn. 8 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: Mykolui Špokui

1. Projekto tema: Automobilio slenksčio konstrukcijos remonto technologijos tyrimas
Research of the automobile sill construction repairing technology

Patvirtinta: 2017 m. balandžio mėn. 21 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-8

2. Projekto tikslas:

Nustatyti lengvojo automobilio slenksčio konstrukcijos skirtingų remonto metodikų efektyvumą pasyviosios saugos atžvilgiu.

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

1. Išanalizuoti automobilio saugos sistemas, kėbulo laikančiąsias konstrukcijas ir jų jungimo būdus, bei šoninės zonos deformacijas avarijos metu.
2. Išanalizuoti automobilio slenksčių sudarančius elementus ir jo remonto metodikas;
3. Sudaryti slenksčio konstrukcijos skaitinį modelį ir jį išanalizuoti.
4. Atlikti eksperimentinius bandymus nustatant konstrukcijoje naudojamų medžiagų mechanines charakteristikas.
5. Atlikti eksperimentinius bandymus su slenksčio konstrukcija, kuri suremontuota naudojant skirtingas metodikas.
6. Išanalizuoti ir palyginti, skaitinių ir eksperimentinių bandymų metu gautus rezultatus.

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2016 m. vasario mėn. 8 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2017 m. gegužės mėn. 18 d.

Vadovas: Dr. Vytautas Dzerkelis
(vardas, pavardė)

_____ (parašas)

Užduotį gavau Mykolas Špokas
(studento vardas, pavardė)

_____ (parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju

Špokas, Mykolas. Automobilio slenksčio konstrukcijos remonto tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas dr. Vytautas Dzerkelis; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto inžinerija (03T)

Reikšminiai žodžiai: šoninė konstrukcija, remonto būdai, slenkstis, deformacijos, atraminė jėga.

Kaunas, 2017. 47 p.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe apžvelgta automobilio konstrukcijos sandara ir saugumo elementų išdėstymas. Taip pat aprašyta automobilio šoninės konstrukcijos deformacinės zonos, avarijos metu. Išnagrinėta slenksčio konstrukcija ir jį sudarančių elementų visuma. Aptarti kėbulo elementų sujungimo būdai.

Antroje dalyje atlikti bandymai, kuriais nustatyta automobilio slenksčio konstrukcijoje naudojamų plienų mechaninės charakteristikos. Atlikti bandymai su keturiomis automobilio slenksčio konstrukcijomis, iš kurių viena yra kontrolinė, tam kad, būtų galima palyginti su skirtingai remontuotų slenksčio elementų konstrukcijomis. Bandymai atliekami statiškai apkraunant automobilio šoninę konstrukciją. Gauti rezultatai išanalizuoti ir palyginti tarpusavyje.

Kompiuterine programa sudaryti skaičiuojamieji slenksčio konstrukcijos modeliai. Atliekami stipruminiai skaičiavimai lenkiant konstrukciją statiškai. Gauti rezultatai išanalizuoti ir palyginti su praktinio bandymo metu gautais rezultatais.

Špokas, Mykolas. *Research of the automobile sill construction repairing technology*. Master's thesis / supervisor assoc dr. Vytautas Dzerkelis; The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Science, Transport Engineering (03T)

Key words: lateral structure, repair methods, side sill, deformation, supporting strength.

Kaunas, 2017. 47 p.

SUMMARY

The master's final project includes a review of the structure of the vehicle and a layout of safety elements. Also a description of the vehicle side structure deformation during an accident are being presented. The vehicle side sill structure and its components have been examined. The paper also introduces a review of vehicle separate elements connecting ways.

The second part of the paper deals with the tests made to set the mechanical characteristics of the car sill steel element. The tests have been carried out with four car sill structures, one of them was a control one, which enabled to compare with differently repaired elements of doorstep structures. They have been tested by statically loading the vehicle side structure. The results have been analyzed and compared.

Computer programs have been used to create computational doorstep structure models exactly echoing it. Strength analysis have been tested by bending the structure statically. The results have been analyzed and compared to the practical test results, and conclusions have been carried out.

TURINYS

ĮVADAS.....	8
1 LITERATŪROS ANALIZĖ	9
1.1 Saugos sistemos	9
1.2 Automobilių kėbulų konstrukcijos tipai	10
1.3 Deformacinės zonos šoninio smūgio metu.....	12
1.4 Automobilio slenksčio konstrukcija.....	15
1.5 Kėbulo elementų suvirinimo būdai ir technologija	16
1.6 Šoninio smūgio bandymus atliekančios kompanijos.....	18
1.6.1 Euro NCAP šoninio smūgio testai	18
1.6.2 IIHS (Insurance Institute For Highway Safety) bandymai	20
2 TYRIMŲ DALIS	22
2.1 Slenksčio konstrukcijos medžiagų mechaninių charakteristikų nustatymas.....	22
2.2 Automobilio slenksčio remonto metodika	26
2.3 Slenksčio konstrukcijos paruošimas bandymams	27
2.4 Slenksčio konstrukcijos lenkimo, apkraunant statiškai, tyrimas.....	29
3 SKAITINIS MODELIAVIMAS.....	36
3.1 Slenksčio konstrukcijos skaitinio modelio sudarymas.....	36
3.2 Skaitinio modelio rezultatų analizė	39
EKONOMINIS ĮVERTINIMAS	43
DARBO APIBENDRINIMAS IR REZULTATŲ PALYGINIMAS	44
IŠVADOS	45

IVADAS

Šiuolaikiniuose lengvuosiuose automobiliuose įrengiamos įvairios aktyvios apsaugos sistemos, kurios sumažina avarinės situacijos atsiradimo tikimybę. Tačiau šios priemonės negali visiškai apsaugoti nuo nelaimingų atsitikimų keliuose. Todėl, kartu su aktyviosiomis apsaugos priemonėmis, automobiliuose įrengiamos pasyvios keleivių apsaugos priemonės, kurių paskirtis – į avariją patekusių asmenų apsauga nuo sveikatai ir gyvybei pavojingų sužalojimų. Mums daugiau žinomos apsaugos priemonės, tai pagalvės, saugos diržai, priešgaisrinės priemonės ir papildomos automobilio salono įrangos apsauginės funkcijos. Bet svarbiausią vaidmenį apsaugos požiūriu turi kėbulo formos išlaikymas įvairiausiais įmanomais susidūrimų atvejais. Saugios konstrukcijos kėbulas, nepriklausomai nuo susidūrimo eigos, privalo apsaugoti automobilyje esančius keleivius nuo sutraiškymo ir vidaus organų pažeidimų dėl didžiulių apkrovų, daugelį kartų viršijančių žemės traukos jėgą, veikiančių susidūrimo metu. Vadinasi, automobilio kėbulo konstrukcija privalo būti tokia, kad avarijos metu salonas patirtų mažiausią deformaciją, o išorinės kėbulo dalys būtų deformuojamos kontroliuojamu būdu ir absorbuojanti didžiąją smūgio energijos dalį. Tai, žinoma, automobilių konstruktorių užduotis, bet automobilių šaltkalvis, atliekantis automobilio kėbulo remontą po avarijos, privalo tiksliai suvokti šių sprendimų paskirtį tam, kad galėtų atstatyti jų pirmines savybes.

Tiriamojo projekto tikslas - nustatyti lengvojo automobilio slenksčio konstrukcijos skirtingų remonto metodikų efektyvumą pasyviosios saugos atžvilgiu.

Tikslui pasiekti buvo iškelti **uždaviniai**:

- Išanalizuoti automobilio saugos sistemas, kėbulo laikančiąsias konstrukcijas ir jų jungimo būdus, bei šoninės zonos deformacijas avarijos metu.
- Išanalizuoti automobilio slenkstį sudarančius elementus ir jo remonto metodikas;
- Sudaryti slenksčio konstrukcijos skaitinį modelį ir jį išanalizuoti.
- Atlikti eksperimentinius bandymus nustatant konstrukcijoje naudojamų medžiagų mechanines charakteristikas.
- Atlikti eksperimentinius bandymus su slenksčio konstrukcija, kuri suremontuota naudojant skirtingas metodikas.
- Išanalizuoti ir palyginti, skaitinių ir eksperimentinių bandymų metu gautus rezultatus.

1 LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1 Saugos sistemos

Saugus kelių transporto eismas susijęs su daugeliu veiksnių. Transporto priemonių konstrukcija tarp jų yra viena labiausiai apibrėžtų ir kiekybiniais kriterijais įvertinamų veiksnių. Todėl nagrinėjant konstrukcines priemones, didinančias transporto priemonės saugumą, tenka atsižvelgti į sąveiką su kitais transporto sistemos elementais. Didžiausią dėmesį tenka skirti žmonėms – vairuotojams, keleiviams, pėstiesiems. Kadangi, automobilio vairuotojo įtaka šiuo metu yra lemiamą, saugos priemonės ir sistemos skirstomos pagal įtaką saugumui į tris dideles grupes [1]:

- Aktyvios saugos sistemos – yra techniniai sprendimai, mažinantys eismo įvykio tikimybę. Didžioji jų dalis susijusi su galimybe efektyviai keisti automobilio judėjimo pobūdį (stabdyti, manevruoti). Šiai grupei priskiriamos priemonės, gerinančios automobilio valdymą (vairavimo ir stabdžių sistemos, sistemos, gerinančios transporto priemonės stabilumą), stovumą (stabilizatoriai, aktyvios pakabos). Grupei priskiriamos priemonės, padedančios automobilio vairuotojui greičiau ir tiksliau reaguoti į aplinkos ir eismo situacijos pokyčius (apšvietimo, signalizacijos sistemos, priemonės matomumui gerinti ir pan.), sprendimai, užtikrinantys atitikimą ergonominiams reikalavimams bei sistemos, kontroliuojančios transporto priemonės operatoriaus būklę [6,11].
- Pasyvios saugos sistemos – padeda sumažinti nuostolius, atsirandančius eismo įvykių metu. Šių sistemų paskirtis – iki saugių ribų sumažinti poveikius vairuotojui ir keleiviams. Kita dalis pasyviosios saugos priemonių skiriama kitų eismo įvykio dalyvių saugai (specialios kėbulo formos ir elementai, su kuriais gali kontaktuoti aplinkiniai). Prie šios saugos priemonių grupės priskiriami sprendimai siekiant išvengti eksploatacinių skysčių išsiliejimo kabinose ar salonuose, gaisrų. Vairo mechanizmas iš dalies priskiriamas pasyviai saugai – šios sistemos elementai eismo įvykio metu gali kontaktuoti su vairuotoju ir jį sužeisti. Stabdžių sistema turi užtikrinti maksimaliai galimą lėtėjimo pagreitį išlaikant stabilią judėjimo kryptį (aktyvi sauga) ir kartu reikalaujama, kad jos elementai (stabdžių pedalas) netraumuotų eismo įvykio metu (pasyvi sauga). Taigi, nors kartais ir nagrinėjami atskirai, saugos elementai sudaro bendrą sistemą [6,11].
- Poavarinė ir ekologinė sauga – tai konstrukcinės priemonės ir įranga, leidžianti išvengti pavojingų reiškinų, susijusių su eismo įvykiu. Šie sprendimai leidžia greitai išlaisvinti žmones įstrigusius transporto priemonės kabinose ir salonuose – greitai veikiančios saugos diržų spygnos, specialūs reikalavimai durelių užraktams, reikalavimai įrengti liukus evakuacijai, kai užblokuoti įprastiniai išėjimai. Šiai grupei priskiriami reikalavimai konstrukcijai, leidžiantys išvengti gaisrų eismo įvykių metu. Kai kurios saugos priemonės jungiasi tarpusavyje: saugos diržų spygnos turi išlaikyti nustatyto dydžio apkrovas smūgio metu, jų tvirtinimo vietos privalo sugerti dalį

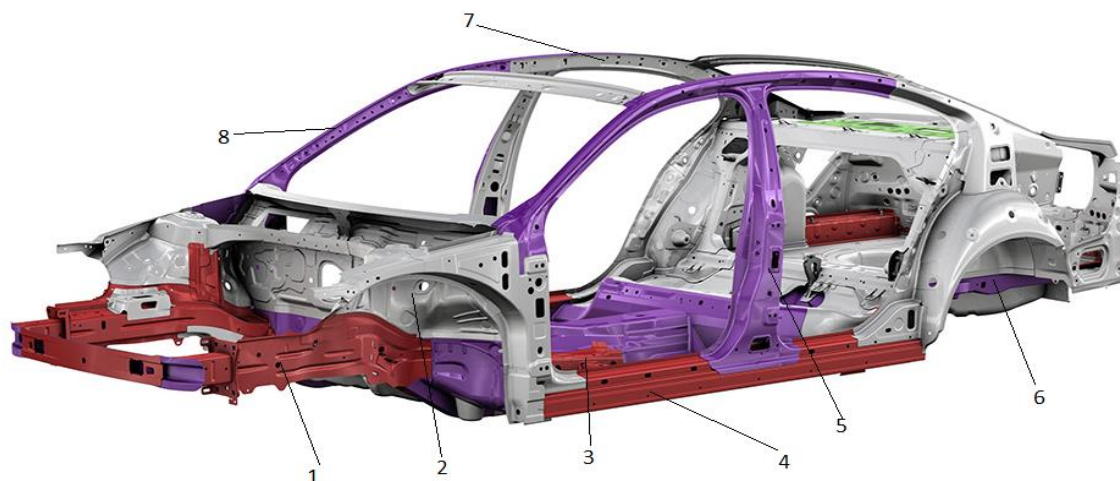
smūgio energijos (pasyvioji sauga), neatsidaryti durų spynos veikiant inercijos jėgoms, bet neužsikirsti smūgio metu[6,11].

Tarptautinės taisyklės, reglamentuojančios automobilių konstrukciją saugos požiūriu, pradėtos formuoti būtent pasyviosios saugos priemonėmis – vairo rato formai, standumui, vairo kolonėlėms. Kėbulo konstrukcijai formuoti keliami reikalavimai, dera su reikalavimais išlikimo zonai ir energijos sugėrimui smūgio metu. Šių reikalavimų formavimas prasidėjęs federaliniais JAV įstatymais, vėliau palaipsniui buvo pradėtas ir Japonijoje, bei Europoje gaminamiems automobiliams [9].

1.2 Automobilių kėbulų konstrukcijos tipai

Automobilio kėbulas yra pagrindinis elementas jungiantis visus jame esančius mazgus, kurie tarpusavyje yra susiję priklausomai nuo automobilio paskirties. Automobilio kėbulas, kaip laikančioji konstrukcija per atskirus agregatus jungia vairuotoją su kelio danga. Taip pat automobilio kėbulas daro įtaką automobilio dinaminei ir saugos charakteristikoms. Kėbulo konstrukcija privalo apsaugoti vairuotoją avarijos metu nuo sužeidimų, ypač jei ji deformuojasi. Automobilių kėbulai gaminami taip, kad sugertų kuo didesnę energijos dalį avarijos metu, todėl siekiama pagaminti jį taip, kad jis būtų kuo stabilesnis. Tobulėjant gamybos technologijoms atkreipiamas dėmesys į kėbulo svorį ir jį stiprinančius elementus, siekiama išgauti kuo didesnę kėbulo stabilumą ir stiprumą atsižvelgiant į jo masę [6].

Pagrindinis automobilio kėbulo tipas, kuris plačiai naudojamas gamyboje yra vientiso tipo. Jo konstrukcija yra sudėtinga, tačiau jis tiesiogiai jungia kėbulą su važiuokle, taip pat jis turi standų karkasą, kuris juosia visą automobilio saloną. Kėbulo pavyzdys su pagrindiniais elementais pavaizduoti 1.1 paveiksle.



1.1 pav. Automobilio „VW Passat b5“ kėbulas su pagrindiniais elementais: 1 – priekinis lonžeronas; 2 – lonžerono arka; 3 – dugnas; 4 – slenkstis; 5 – centrinis statramstis; 6 – galinis lonžeronas; 7 – stogo stiprintuvas; 8 – priekinis statramstis [12]

Karkasas susideda iš atskirų elementų, kurie yra pagaminti iš plieno. Visi kėbulo karkaso elementai gaminami štampuojant plieno lakštus, taip išgaunant reikiamas formas. Konstruojant kėbulus atsižvelgiama į saugos reikalavimus, todėl atskiros detalės yra gaminamos iš skirtingo storio plieno

lakštų, kurias vėliau gamyboje sujungia specialiais klijais ir virinimo siūlėmis. Gaminant atskiras detales, kad jos būtų standesnės, stengiamasi jas daryti kuo vientisesnes. Ši kėbulo gamybos technologija leidžia gaminti ergonomiškesnius automobilius, nes jų vidus erdvesnis, o dėl atskirų lakštų, kurie yra parenkami pagal kėbulo deformacines zonas sutaupoma automobilio svorio. Tokio tipo automobilio kėbulas atliekant bandymus gali būti standinamas papildomais elementais, siekiant išvengti pavojingų salono deformacijų, galinčių sužaloti vairuotoją ar keleivius. Šio kėbulo deformaciniai elementai avarijos metu geba sugerti didžiąją dalį smūgio energijos ir ją perduoti atraminėms sijoms, kad išvengti salono deformacijų [3].

Kitas vėlesniu automobilių gaminimo metu populiarus laikančios konstrukcijos tipas yra laikantysis rėmas (1.2 pav.), kuris susideda iš dviejų lygiagrečių sijų sujungtų tarpusavyje skersinėmis. Prie šio rėmo atskiromis jungtimis montuojasi važiuoklė ir pats automobilio kėbulas. Šis rėmas yra pagrindinis automobilio konstrukcijos mazgas, sugeriantis didžiąją dalį smūgio energijos avarijos metu, lyginant su vientiso kėbulo konstrukcija. Laikantysis rėmas neturi deformacinių zonų, todėl avarijos metu rėmo profiliai nesugeba perduoti sugertos smūgio energijos kitiems mazgams. Pagrindinės tokių rėmų gamybos medžiagos yra plieninės sijos, kurios būna U formos, jos yra naudojamos norint sumažinti rėmo svorį arba stačiakampio formos vamzdžiai.



1.2 pav. Automobilio laikantysis rėmas [13]

Šio tipo rėmai lengvuosiuose automobiliuose yra mažai naudojami, dėl savo aukšto svorio centro. Jie yra labiau paplitę aukštos prošvaistos automobilių gamyboje ir komercinės paskirties transporto priemonėse, dėl to kad yra standesni svorio apkrovoms [5].

Vis daugiau automobilių gamintojų stengiasi sumažinti kėbulo svorį, tam pasitelkdami kompozicines medžiagas. Vėlesniam automobilių gamybos periodui pasitelktas stiklo pluoštas ir buvo gaminamas monolitinis kėbulas, tobulėjant technologijoms ir medžiagoms automobiliai gaminami iš anglies pluošto (1.3 pav.). Tokios konstrukcijos kėbulas yra vientisas monolitinis gaminys, kurio konstrukcija nesiskiria nuo vientiso tipo kėbulo savo išvaizda, tačiau neturi atskirų kėbulo dalių sujungtų virinimo siūlėmis. Prie šio kėbulo įvairiomis jungtimis tvirtinasi visi pagrindiniai mazgai ir kėbulas atlieka laikančiosios konstrukcijos funkciją.



1.3 pav. „Koenigsegg“ automobilio anglies pluošto kėbulas [14]

Anglies pluošto automobilio kėbulas yra labai standus ir stiprus, kadangi visa konstrukcija yra armuota. Šio tipo kėbulus renkasi sportinių automobilių ir elektromobilių gamintojai, norėdami išgauti kuo mažesnę automobilio svorį, tačiau tokio kėbulo gamyba yra brangi, o pažeidus kėbulo elementą jis nėra remontuojamas ir privalo būti keičiamas nauju vientisu kad neprarastų savo mechaninių savybių [4].

1.3 Deformacinės zonos šoninio smūgio metu

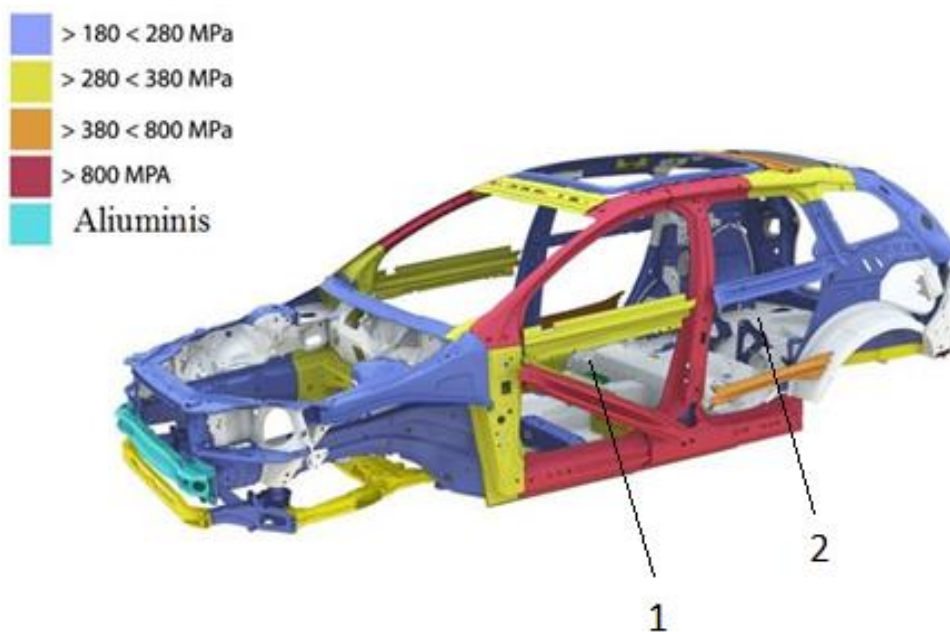
Priemonės mažinančios eismo įvykių pasekmes, yra vystomos tam, kad didžioji smūgio dalis būtų sugerta. Siekiant apsaugoti žmogaus biomechanines charakteristikas, galima buvo projektuoti konstrukcijas, mažinančias smūgio energijos poveikį. Pagrindiniai elementai, turintys įtakos transporto saugos priemonės pasyviajai saugai yra:

- Erdvė, kurioje yra žmonės, turi būti apsupta standžiu ir tvirtu rėmu, prie kurio jungiamos deformacinės zonos, kurios sugerdamos smūgio energiją apsaugotų salone esantį ekipažą nuo perkrovų.
- Saugumo priemonių grupė, turinti apsaugoti vairuotoją ar keleivį nuo kontakto su vidaus detalėmis – sėdynės, saugos diržai, saugos oro pagalvės.

Pagrindinis pasyvosios saugos elementas yra automobilio karkasas, kuriame sumontuotas automobilio salonas, sudarytas iš standaus erdvinio rėmo, o automobilio priekyje ir gale numatomos energiją sugeriačios konstrukcijos. Šios konstrukcijos yra pirmoji pasyvosios saugos priemonių grupė turinti sugerti didžiąją smūgio energijos dalį ir taip sušvelninti smūgį[1,2].

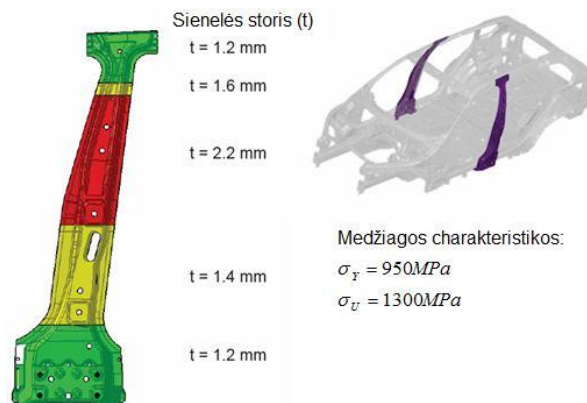
Šoniniai smūgiai pavojingi tuo, kad negalima sukurti pakankamos deformacinės zonos. Jei priekinėje dalyje nuo buferio iki salono turima apie metrą, šoninio smūgio deformacinei zonai sunku surasti daugiau, nei 20 cm., t. y. kelis kartus mažiau. Galima teigti, jog yra tikimybė, kad smūgiuojantis kitas automobilis nustums smūgiuojamąjį, tačiau išlieka paties automobilio smūgio šonu į nejudamą kliūtį, pvz., medį, tikimybė. Todėl efektyvių galimybių sugerti smūgio energiją iki šiol nerasta. Žinomi tik daliniai problemos sprendimai[2].

Pirmiausia projektuojant saugų automobilį pradėtos naudoti durys su strypais ar sijomis, standinančiomis durų konstrukcija (1.4 pav.). Ši priemonė naudojama visuose automobiliuose. Smūgiui sugerti papildomai duryse montuojamos korinės konstrukcijos (aliumininės arba plastmasinės). Sijos apsaugo ir nuo nedidelių daiktų (pvz., medžio atplaišų) patekimo į automobilio saloną smūgio metu[5].



1.4 pav. Kėbulo stiprinimas šoniam smūgiui (*Volvo XC 60*): 1- priekinių durų stiprinimo sijos, 2- galinių durų stiprinimo sijos [20]

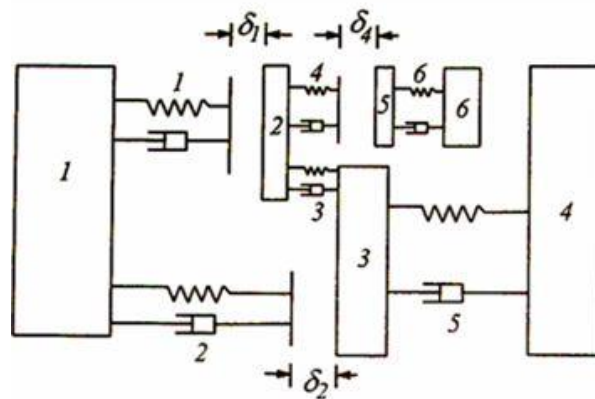
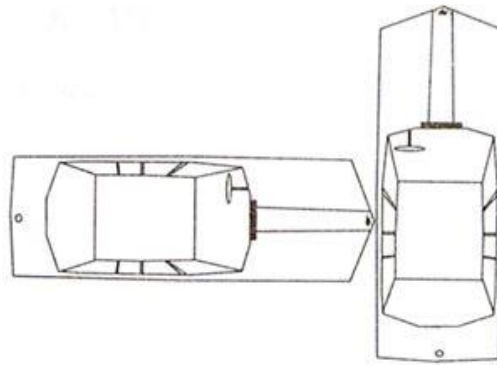
Kitos naudojamos priemonės yra – skirtos apsaugoti smūgio pusės kėbulo laikančiąją struktūrą, apkrovas skirstant kitiems kėbulo elementams. Tam stiprinami durų stovai (tam naudojami didelio stiprio legiruoti plienai), naudojamos standžios sijos, per ratų gaubtų stiprintuvus jungiančios slenksčius salono priekyje, skersinės sijos, jungiančios durų slenksčius vidurinių durų stovų zonoje, stogo stiprinimo sijos, jungiančios durų rėmų viršutines dalis. Didelio stiprumo plienus, šoninį smūgį atlaikantiems elementams, naudoja beveik visi gamintojai. Siekiant mažinti masę, stiprinantys elementai formuojami iš skirtingo storio lakštų (1.5 pav.)[3].



1.5 pav. „BMW X5“ modelio (2008 m.) ištisinės konstrukcijos šoninis statramstis [2]

Projektuotojas turi numatyti, kaip įgyvendinti sąlygas, kad po šoninio smūgio liktų bent 40 cm pločio vieta sėdynei. Durys neturi atsidaryti smūgio metu, bet lengvai atsidaryti po smūgio. Siūloma, kad vienas durų standinimo vamzdis jungtų durų vyrius su spyna. EEK R11 standartas numato ir reglamentuoja specialias spynas, sukabinančias duris su stovu, taip standinančias jas [2].

Sukurti didesnę deformacinę zoną tiesiog nėra vietos, bandyta ieškoti sprendimų, kaip išvesti žmogų iš pavojingos zonos. Siūlymų idėja – organizuoti specialias kėbulo ar jo elementų deformacijas, smūgio energiją naudojančias kryptingai deformacijai, pvz., perkelti vairuotoją link salono centro. Deja, šie siūlymai tinka tik tam tikroms situacijoms – nuo smūgio į stulpą ši sistema neišgelbės. Panaši idėja yra speciali grindų konstrukcija, pakelianti ir pakreipianti sėdynę šoninio smūgio metu. Ir čia iškyla klausimų – kaip su šone sėdinčio keleivio saugumu, be to, prognozuoti kryptingas grindų deformacijas labai sudėtinga. Kadangi, apkrovų kryptys eismo įvykio metu praktiškai neprognozuojamos. Kyla pavojus, kad kiek pasikeitus smūgio kryptiai grindys gali prarasti pastovumą ir suspausti kojas arba plyšti, sudarydamos aštrias briaunas. Panašiai, kaip ir priekinės deformacinės zonos atveju, galima sudaryti schemą dinaminiam modeliui, pvz., smogiant į automobilio šoną vežimėliu ar kitu automobiliu (1.6 pav.).

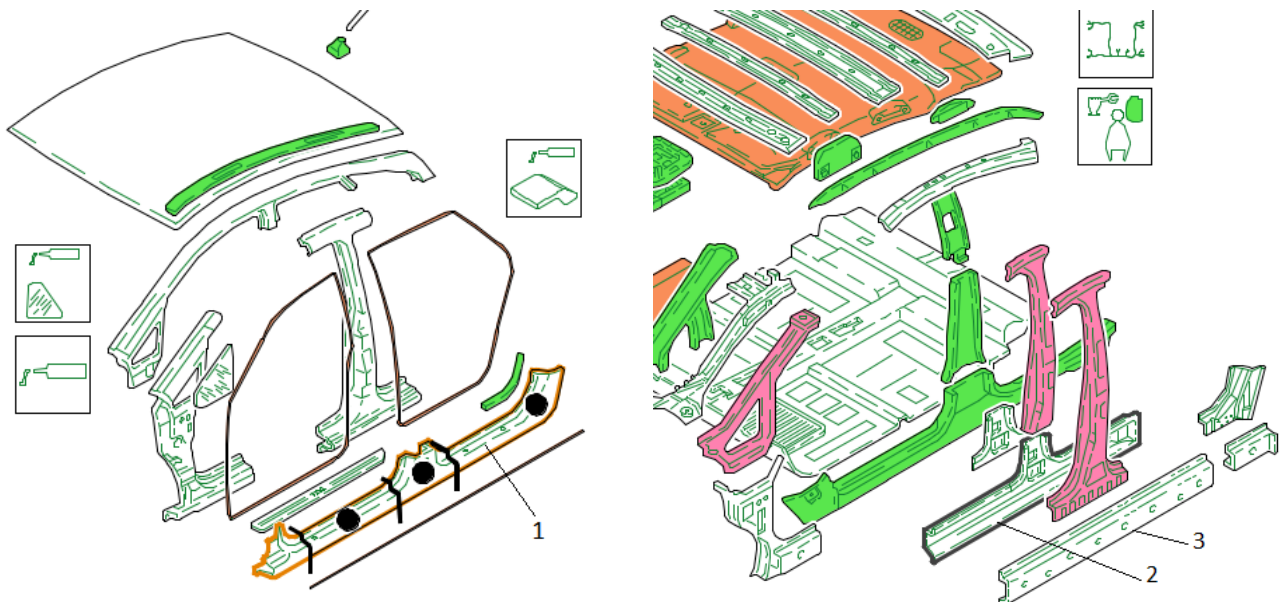


1.6 pav. Smūgio į automobilio šoną dinaminis modelis: 1 – smūgiuojantis automobilis, 2 – durys, 3 – slenkstis, A ir B statramsčiai, 4 – smūgiuojamas automobilis, 5 – žmogaus šonkauliai, 6 – žmogaus liemuo, 7 – trinties elementas [19]

Šiuo atveju rezultatai bus labai apytikriai, nes atskirų elementų standumą ir elementų sąveikos jėgas galėsime nustatyti tik esant tamprioms deformacijoms. Į modelį derėtų įtraukti trinties elementą, atspindintį automobilio galimybes pasislinkti skersine kryptimi. Jei padangų sukibimo su keliu koeficientas μ_y , veikiančios jėgos dydis $F_{tr} = \mu_y mg$. Realesnį vaizdą gali pateikti tik modeliavimas BEM, kurio rezultatai tikrinami natūriniais testais[1].

1.4 Automobilio slenkščio konstrukcija

Automobilio slenkstis yra vienas iš pagrindinių atraminių konstrukcijų automobilio kėbule. (1.7 pav.). Šis konstrukcijos elementas kartu su grindimis jungia automobilio priekinę ir galinę dalis, taip sudarydamas vientisą elementą. Priekinio smūgio metu dalis energijos yra sugerama lonžeronų, o kita dalis persiduoda kitiems automobilio konstrukcijos elementams, todėl slenkstis atlieka standumo vaidmenį ir neleidžia automobiliui perlinkti. Šoninio smūgio metu jis tiesiogiai sugeria smūgio energiją, ir neleidžia kliūčiai įsiskverbti į automobilio saloną. Slenkščio konstrukcija susideda iš trijų pagrindinių elementų sujungtų taškinio suvirinimo būdu (1.7 pav.). Išorinis profilis pagamintas iš minkštesnio plieno, tam kad būtų lengviau išgaunamos automobilio formos, ir būtų apsauga nuo korozijos vidinėms ertmėms. Vidinis stiprintuvas atlieka stiprinimo funkciją, tam kad smūgio energija būtų paskirstyta visame profilyje. Grindų stiprintuvas jungia slenkščio konstrukciją su grindimis, bet kartu ir stiprina visą konstrukciją[1].



1.7 pav. „Opel Astra J“ Slenksčio konstrukcija iš trijų elementų: 1 – išorinė slenksčio dalis; 2 – vidinis stiprintuvas; 3 – grindų stiprintuvas [21]

Priklausomai nuo automobilio gamintojo galimos įvairios slenksčio konstrukcijos ir naudojamų plienų variacijomis. Galimas papildomų stiprinimo elementų įvedimas į slenksčio konstrukciją tam, kad būtų išgautas vidinis konstrukcijos standumas.

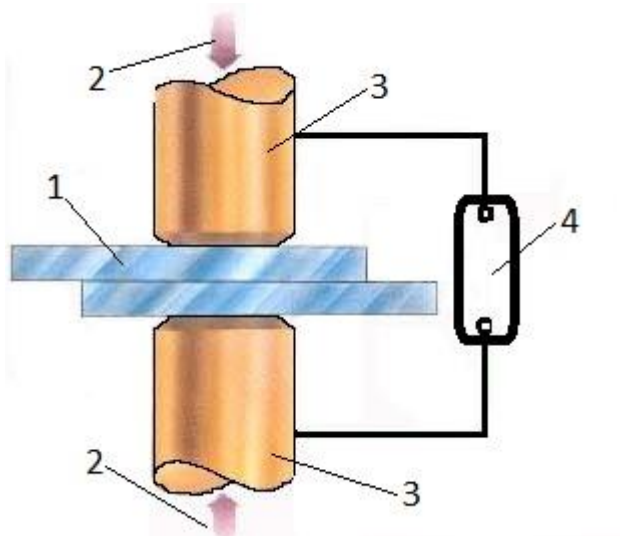
1.5 Kėbulo elementų suvirinimo būdai ir technologija

Norint pagaminti automobilio kėbulą, atskiri elementai privalo būti sujungti į vientisą konstrukciją. Suvirinimas yra vienas pagrindinių būdų sujungiant dvi ar kelias plieno konstrukcijas. Sujungimas suvirinant yra labiausiai paplitęs automobilių pramonėje, dėl to kad tai yra greitas ir pigus kėbulų konstravimo būdas. Skiriami trys pagrindiniai suvirinimo būdai:

- Kontaktinis (taškinis) suvirinimas;
- Lankinis suvirinimas apsauginėse dujose (TIG, MIG)
- Lazerinis suvirinimas

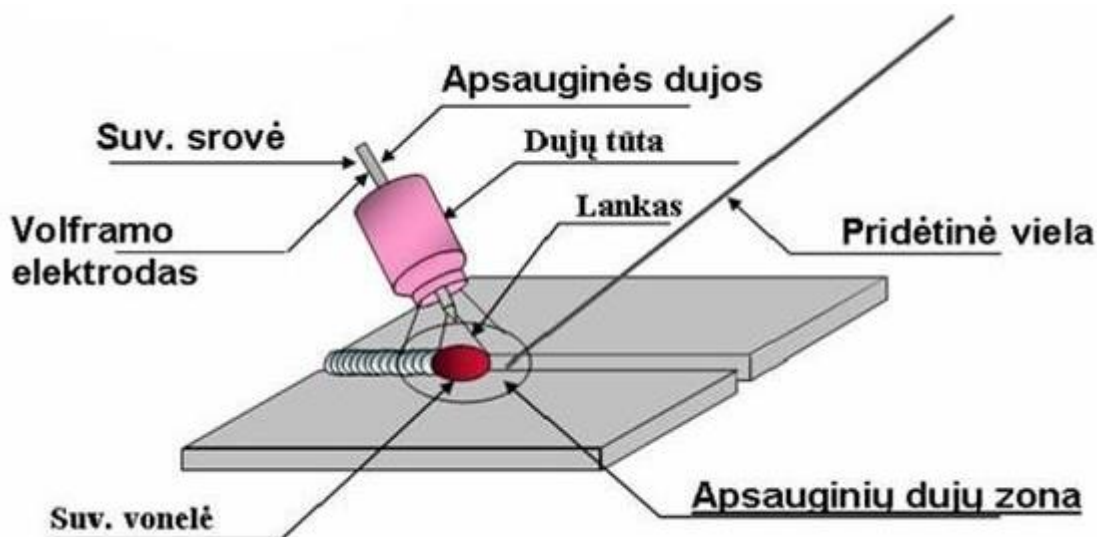
Kontaktinis (taškinis) suvirinimas – plačiausiai naudojamas konstrukcijų sujungimas visoje automobilių pramonėje. Kadangi šio tipo suvirinimas yra gana paprastas ir greitas, beveik visa automobilio kėbulo konstrukcija yra suvirinta tokiu būdu. Suvirinimo metu plieninės detalės, kurių storis gali siekti iki 5 mm, yra suveržiamos elektrodais per kuriuos teka elektros srovė. Elektrodų galai tarpusavyje kontaktuodami per metalą, jį įkaitina iki lydimosi temperatūros ir dėl suveržimo jėgos atjungus elektros srovę, išlydytas metalas susilieja taip sudarydamas suvirinimo tašką. Kėbulų gamyboje naudojami įvairūs taškinio suvirinimo būdai, kurių pagrindiniai skirtumai yra tik elektrodų skaičius ir jų išdėstymas. Elektrodų kiekis spartina darbo procesą, tačiau reikalauja didesnių elektros energijos išteklių, todėl labiausiai naudojami dvipusiai suvirinimo elektrodai, kai jie yra vienas priešais kitą (1.8 pav.). Taškinio suvirinimo metodu galima virinti mažaanglius plienus, anglinius plienus, legiruotus ir

konstrukcinius plienus, taip pat vario ir aliuminio lydinių suvirinimui, tačiau paviršiai turi būti švarūs ir tiksliai susiglausti virinimo vietoje [7, 15].



1.8 pav. Kontaktinio (taškinio) suvirinimo schema: 1 – ruošiniai; 2 – elektrodus veikianti jėga; 3 – kontaktinio suvirinimo elektrodai; 4 – energijos šaltinis [15]

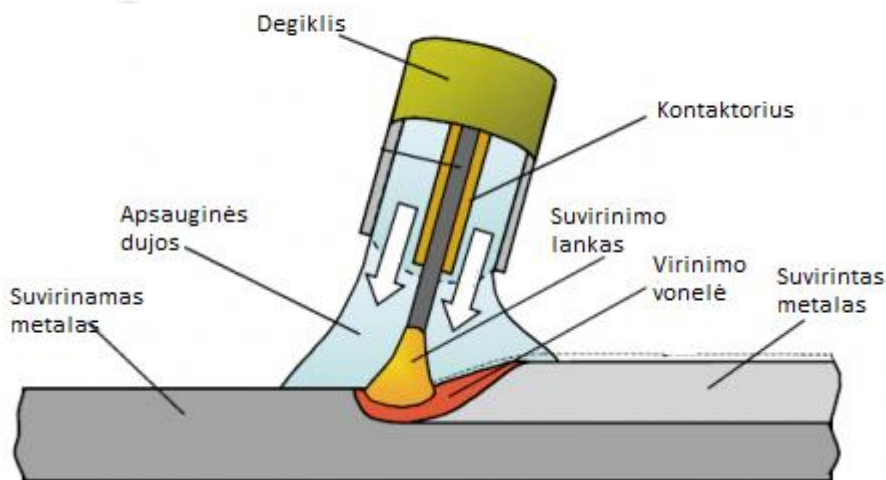
Lankinis suvirinimas apsauginėse dujose (TIG) – tokiu suvirinimo būdu nėra reikalingas pridėtinis metalas, nes suvirinimo lankas dega tarp volframo elektrodo ir suvirinamo metalo (1.9 pav.). Metalo suvirinimo vonelė yra apsaugoma inertinėmis helio dujomis, kurios apsaugo siūlę nuo pašalinių dujų įsiskverbimo. Virinant siūlę, kurioje yra didesnis tarpas tarp virinamų metalų, galima naudoti pridėtinį elektrodą ranka. Šio suvirinimo metu suvirinimas yra kokybiškas, virinant neišsiskiria šlakas [7, 16].



1.9 pav. Lankinio suvirinimo apsauginėse dujose (TIG) schema [16]

Lankinis suvirinimas apsauginėse dujose (MIG) – šio tipo suvirinimui yra privalomas lydisis elektrodas (suvirinimo viela) ir apsauginės dujos (1.10 pav.). Šio tipo lankiniui suvirinimui yra naudojamos apsauginės inertinės dujos (anglies dioksidas, argonas, arba aktyviosios dujos). Pridėtinė viela tiekama automatiškai pastoviu greičiu į suvirinimo vietą. Naudojant argono dujas galima virinti lengvuosius metalus tokius kaip aliuminis ar magnis. Sunkiai lydiems metalams pavyzdžiui: plienui,

reikalinga naudoti anglies dioksido dujas. Šio tipo suvirinimas dažniausiai naudojamas automobilių remonte, dėl virinimo našumo ir virinimo kokybės[7].



1.10 pav. Lankinio suvirinimo apsauginėse dujose schema [17]

Lazerinis suvirinimas – metalinės konstrukcijos suvirinimas naudojant kryptingas, mažos sklaidos sukoncentruotą spinduliavimo srautą, taip išlydant metalų paviršių. Didelė lazerio koncentracija sutelkta į nedidelį plotą vadinama židinio tašku, kuris turi aukštą temperatūrą, kurios pakanka, kad medžiagos ištirptų ir išgaruotų. Tokioje suvirinimo vietoje metalai greitai įkaista, palaipsniui vėstant išlydytam metalui jis kristalizuojasi su šalia esančiu, taip atsiranda suvirinimo siūlė. Virinant nedidelės suvirinimo galios lazeriu, šiluminio laidumo šiluma persiduoda iš virinamo paviršiaus į jo vidų, taip gaunama siaura suvirinimo siūlė. Padidinus suvirinimo galią, lazeris išgarina suvirinamą metalą, o susidarę garai išstumia išlydytą metalą ir suformuoja išgarintąją duobę, tokios suvirinimo siūlės yra siauros ir giliai įsiskverbusios[7,17].

1.6 Šoninio smūgio bandymus atliekančios kompanijos

1.6.1 Euro NCAP šoninio smūgio testai

Visi automobiliai, kurie yra eksploatuojami privalo atitikti keliamus saugumo standartus. Euro NCAP jau nuo 1997 m. pradėjo daryti populiariausių rinkoje automobilių bandymus ir jų rezultatus skelbti viešai. Siekiant tikslumo bandymuose, visi automobiliai yra suskirstomi į kategorijas pagal kėbulo konstrukciją, automobilio dydį ir svorį, todėl atliktų automobilių bandymų rezultatus galima palyginti tarp atskirų gamintojų. Siekiant nustatyti automobilio saugumo parametrus Euro NCAP atlieka šiuos kėbulo standumo bandymus: priekinės dalies persidengiančios su deformuoja kliūtimi esant 64 km/h greičiui, priekinės dalies smūgis į nedeformuojamą kliūtį esant 50 km/h, šoninio smūgio imitacija į stovinčio automobilio šoną specialiu vežimėliu 50 km/h greičiu, automobilio slydimo imitacija į stulpą 32 km/h greičiu [8].

Dalis įvykstančių eismo įvykių atsitinka, dėl nesuvaldomo automobilio, kuris slysta šonu ir trenkiasi į šalia kelio esančias kliūtis. Euro NCAP atliekamo bandymo metu automobilis užkeliamas ant

specialios platformos, kuri gali judėti 32 km/h greičiu ir trenkiasi į nedeformuojamą stulpą kurio diametras yra 254 mm (1.11 pav.). Šoninis smūgis į nejudamą kliūtį paskatino į automobilius montuoti šoninės oro saugos pagalves, nes bandymo metu stulpas trenkiasi į vairuotojo dureles ties vairuotojo galva [8].



1.11 pav. Šoninio smūgio testas į stulpą [22]

Kitas svarbus šoninio smūgio bandymas imituoja dviejų automobilių avariją, kai vienas automobilis trenkiasi į kito automobilio šoną. Bandomajam automobiliui stovint jis atsitrenkia su 950 kg sveriančiu vežimėliu, ant kurio užmontuotas deformuojamas barjeras (1.12 pav). Vežimėlis trenkiasi į automobilio šoną 50 km/h greičiu, o smūgio vieta yra 95 % reprezentuojančio manekeno klubo sąnarys. Smūgiuojančio vežimėlio deformuojamas barjeras yra 1500 mm pločio, 500 mm – aukščio, 500 mm – storio. Jis sugeria dalį smūgio energijos imituodamas kito automobilio priekinę dalį.



1.12 pav. Šoninio smūgio testas su deformuojamu vežimėliu [23]

Atliekami testai skatina gamintojus imtis priemonių, žmonių saugumui automobilyje didinti, todėl jie tampa vis saugesni, papildomos oro pagalvės apsaugančios galvą šoninio smūgio metu stipriai pagerino rezultatus, todėl jos dabar montuojamos naujuose automobiliuose kaip standartinė įranga[8].

1.6.2 IIHS (Insurance Institute For Highway Safety) bandymai

Institutas, įsikūręs Amerikoje, pradėjo šoninio smūgio bandymus 2003 metais, nors tuo metu jau buvo atlikinėjami tokie bandymai NCAP (New Car Assessment Program), tačiau jų atlikinėjami bandymai nebuvo panašūs į realias situacijas keliuose. Taip atsitiko todėl, kad NCAP šoninio smūgio vežimėlis buvo suprojektuotas 1980 m. Tuo metu didžioji dauguma automobilių buvo lengvieji. Tobulėjant automobiliams, keliuose atsirado ir didesnių transporto priemonių, pavyzdžiui, visureigiai. Dėl šios priežasties smūgio kontakto zona, esanti žemiau smūgiuojamo automobilio vairuotojo, realioje situacijoje persikelia aukščiau, taip padidindama kūno sužalojimus. Todėl IIHS įtraukė papildomą šoninio smūgio bandymą su aukštesniu smūgiavimo elementu, siekdami surinkti tikslesnę informaciją apie sužalojimus avarijos metu [9].

Bandymas atliekamas su 1500 kg visureigio tipo vežimėliu 50 km/h greičiu. Bandomajame automobilyje sėdi du SID-II manekenai, reprezentuojantys 5% žmonių grupės, t. y. moterys arba vaikai 12 metų, sėdintys vairuotojo pozicijoje ir galinėje sėdynėje už vairuotojo. Šis bandymų institutas buvo pirmasis Amerikoje, išanalizavęs mažesnių manekenu gautus rezultatus avarijos metu. Reprezentatyvumo lygmuo pasirinktas vien dėl to, jog mažesni vairuotojai turi didesnę tikimybę susižeisti galvas į automobilio konstrukciją šoninio smūgio metu [9].



3.1 pav. Šoninio smūgio bandymas [9]

Kėbulo deformacijos tiriamos matuojant centrinio statramsčio įsiskverbimą į automobilio salono erdvę. Kai kurios deformacijos būna tokios didelės, kad negalima realiai įvertinti, kokią įtaką turėjo žmonių saugumui ir kokią pats smūgis.

Vertinimo sistema skiriama automobiliams po šoninio smūgio, yra išreiškiama išgyvenimo faktoriumi procentais: gerai – 70 % tai, kad yra tokia tikimybė išgyventi šoninio smūgio avariją, vidutiniškai – 64 % tikimybė išgyventi ir blogai – 49 % išgyventi. Šie vertinimo aspektai yra įvertinti analizuojant gautus duomenis automobilių su šoninėmis saugos pagalvėmis. Tačiau šios saugos pagalvės

gali ir neišgelbėti nuo sunkių sužalojimų. Instituto tikslas – išanalizuoti kaip veikia automobilio kėbulas ir kitos saugos priemonės, kartu saugodamos vairuotoją nuo mirtinų sužalojimų.

Skirtingai nei priekinio smūgio atveju, šoninio bandymo metu gali būti lyginami panašių klasių automobilių rezultatai, nes kinetinė energija priklauso nuo smūgiuojančio vežimėlio svorio ir greičio smūgio metu, kuris yra visada vienodas kiekvieno bandymo metu.

Šoninio smūgio bandymai atliekami dviem etapais nuo tada, kai šoninės saugos pagalvės yra pasirenkamas automobilio komplektacijos komponentas.



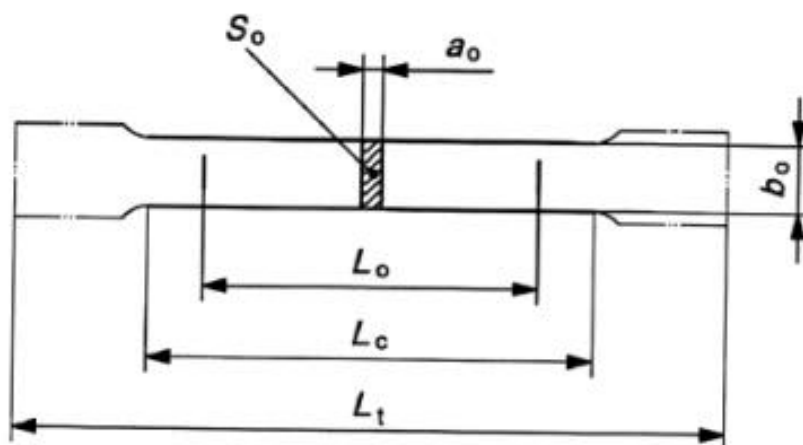
3.3 pav. *Mitsubishi Lancer* su ir be šoninių pagalvių [9]

Tuo tarpu kai IIHS pradėjo šoninio smūgiavimo bandymus, 1 iš 5 automobilių gauna vidutinišką įvertinimą, o visi kiti – neigimus. Nuo tada, kai šoninės oro pagalvės yra standartinės įrangos dalis ir atraminiai kėbulo elementai buvo sustiprinti, šie pakeitimai stipriai paveikė rezultatus šoninio smūgio bandymams ir pagerino saugumą avarijos metu [9].

2 TYRIMŲ DALIS

2.1 Slenksčio konstrukcijos medžiagų mechaninių charakteristikų nustatymas

Medžiagų mechaninės charakteristikos pilnai apibūdina medžiagą iš ko ji pagaminta. Pagrindinis būdas nustatyti medžiagos mechanines charakteristikas yra tempimo bandymas. Tyrimo tikslas buvo nustatyti iš kokių medžiagų yra pagaminta automobilio slenksčio konstrukcija. Bandymai atlikti Kauno Technologijos Universiteto laboratorijoje. Bandiniai yra standartizuojami pagal 2009 metais išleistą tempimo bandinių standartą LST EN ISO 6892 – 1, juo vadovaujantis bandiniai buvo paruošti pagal nurodytus matmenis ir jis tinka, kai bandinių storis siekia nuo 0,1 mm iki 3 mm. Pagrindiniai geometriniai parametrai pateikti 2.1 paveiksle [10].



2.1 pav. Pagrindiniai bandinio geometriniai parametrai [10]

Bandinių matmenys yra ribojami šio standarto, todėl gaminant juos reikia atsižvelgti į reglamente nurodytą lentelę (žr. 1.1 lentelė). Lentelėje pateikiami trys skirtingi bandinių geometriniai parametrai.

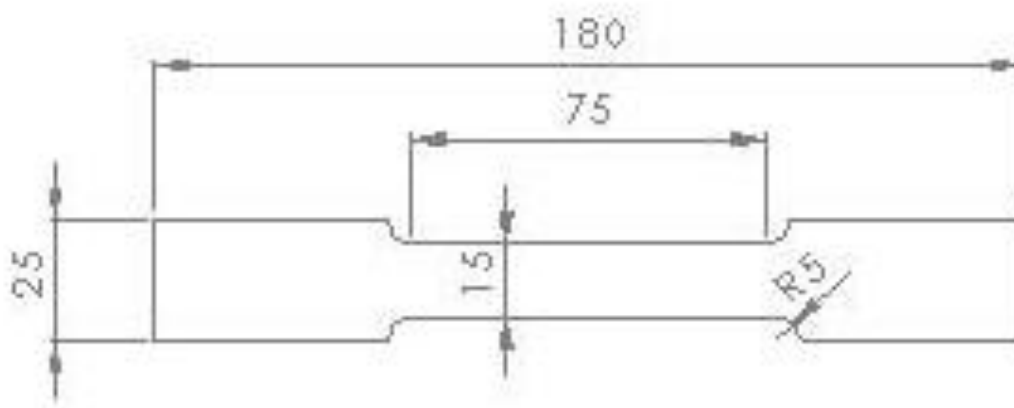
1.1 lentelė

Pagrindiniai geometriniai parametrai bandiniams gaminti

Bandinio tipas	Bandomosios dalies plotis, b_0 , mm	Bandomosios dalies ilgis L_0 , mm	Ilgis iki praplatėjimo, mm		Bandinio ilgis iki griebtuvų, mm
			Mažiausias	Rekomenduojamas	
1	12,5	50	57	75	87,5
2	20	80	90	150	140
3	25	50	60	-	-

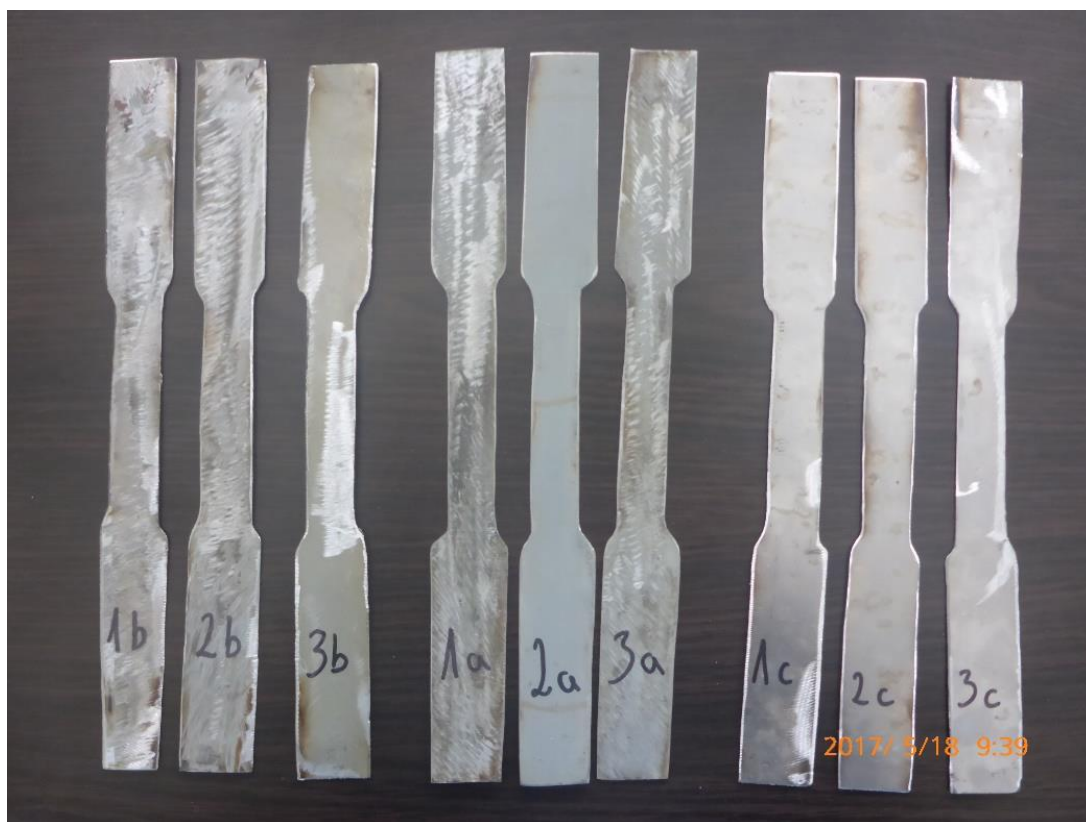
Nustatant medžiagos mechanines charakteristikas pasirinktas pirmojo tipo bandinys, pagal šiuos matmenis iš kiekvieno profilio buvo išpjauti trys bandiniai. Kadangi ši tiriamojo slenksčio konstrukcija yra sudaryta iš skirtingo storio ir mechaninių savybių plieno, imami du skirtingi bandinių tipai. Taip pat

remonto atveju pasirinkta ištirti ir alternatyvaus gamintojo parduodamą išorinį slenksčio apvaskalą. Visi bandiniai pagaminti remiantis LST EN ISO 6892 – 1 standartu (2.2 pav.) [10].



2.2 pav. Bandinio brėžinys su pagrindiniais matmenimis

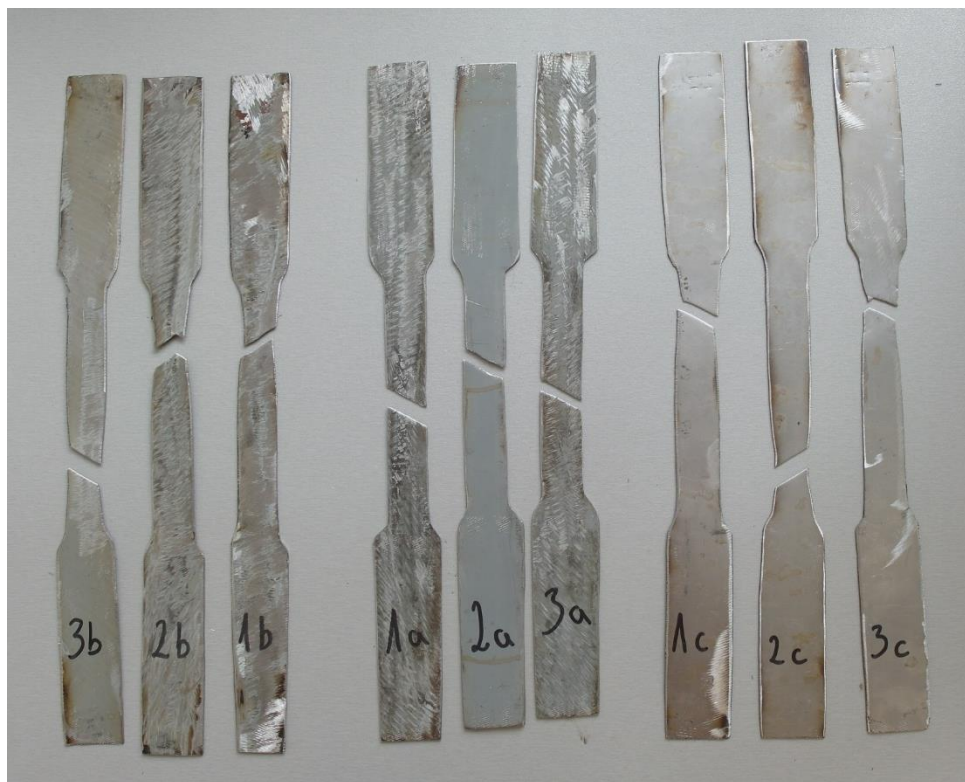
Bandymams atlikti buvo paruošti 9 bandiniai, kurie yra paimti iš skirtingų slenksčio konstrukcijos elementų (2.3 pav.)



2.3 pav. Slenksčio konstrukcijos bandiniai: a – vidinio stiprintuvo; b – išorinio slenksčio apvalko; c – alternatyvaus gamintojo išorinis slenksčio apvalko

Skirtinguose slenksčio profiliuose yra naudojami skirtingi plienai, kurių mechaninės charakteristikos yra skirtingos. Trys bandiniai paruošti iš kiekvieno skirtingo profilio tam, kad rezultatai būtų kuo tikslesni ir būtų geriau nustatytos plieno charakteristikos. Specializuota tempimo mašina įstatyti bandiniai buvo tempiami, o jų galai įtvirtinti griebtuose. Specialių jutiklių pagalba deformacijos signalai buvo perduodami į matuojamų dydžių keitiklį, kuris visą informaciją pateikdavo kompiuteryje

įrašytoje programoje realiu laiku (2.4 pav.). Atlikus tempimo bandymus, gauti duomenys: deformacija, poslinkis ir jėga. Kadangi yra žinomas bandinio skerspjūvio plotas buvo apskaičiuoti įtempiai ir vidutinės deformacijos. Iš gautų duomenų buvo sudarytos įtempių ir deformacijų diagramos.



2.4 pav. Slenksčio konstrukcijos bandiniai po tempimo

Iš gautų duomenų, atlikus tempimo bandymą nustatytos takumo ir stiprumo ribos. Veikiant bandinį tokia pačia jėga ir jam tįstant gaunama takumo riba. Yra medžiagų, kurios takumo aikštelės neturi, todėl nustatoma sąlyginė takumo riba, kuri apibrėžiama kaip 0,2 % sąlyginio įtempimo. Stiprumo riba apibrėžia maksimalų įtempį, kurį atlaiko bandinys.



2.5 pav. Universali tempimo bandinių mašina

Didėjant jėgai, kuri viršija stiprumo ribą, ant bandinio paviršiaus pradeda formuotis kaklelis ir apkrova pradeda kristi. Trūkimo riba gali būti apskaičiuojama, kaip sąlyginis įtempis, nes pasiekus šią ribą bandinys nutrūksta.

Tempimo bandymo metu nustatytos dviejų pagrindinių ir alternatyvaus gamintojo, slenksčio konstrukciją sudarančių elementų medžiagų mechaninės charakteristikos. Atlikus bandymą iš gautų rezultatų sudarytas grafikas (2.5 pav.). Šioje diagramoje vaizduojami duomenys gauti eksperimentiniu būdu. Iš grafiko matome, jog vidinis stiprintuvas yra gaminamas iš ypač didelio stiprumo plieno, jo pasiekta stiprumo riba yra 840 Mpa, išorinė slenksčio dalis gaminama iš žymiai silpnesnio plieno, kurios stiprumo riba 294 Mpa. Alternatyvaus gamintojo gaminama išorinio slenksčio kevalo stiprumo riba yra 258 Mpa. Grafiko ašyje atidedamos deformacijos ε , jos randamos:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0}; \quad (2.1)$$

čia:

δ – pailgėjimas;

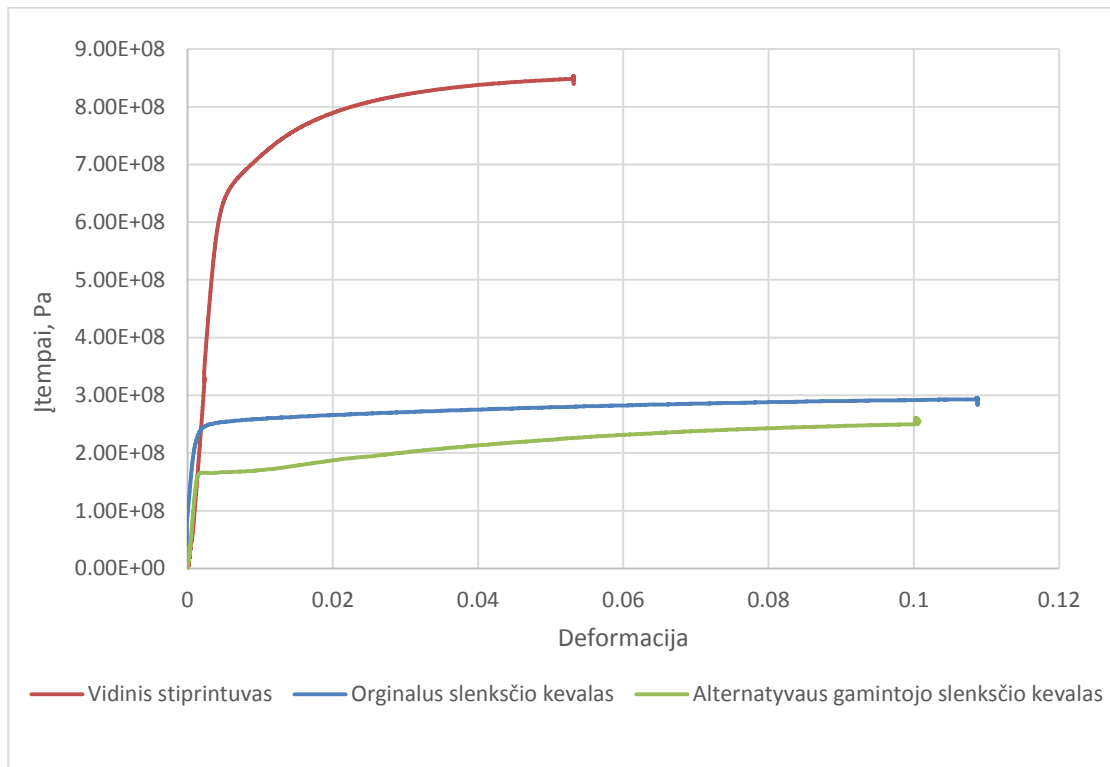
L_0 – bandinio ilgis (m).

Pailgėjimas δ yra skirtumas tarp bandinio ilgio po tempimo bandymo L (m) ir ilgio po ištempimo, kai bandinys pailgėja L_0 (m) skaičiuojamas:

$$\delta = L - L_0; \quad (2.2)$$

Įtempiai σ (Pa) apskaičiuojami formule:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{F}{b_0 \cdot a_0}; \quad (2.3)$$

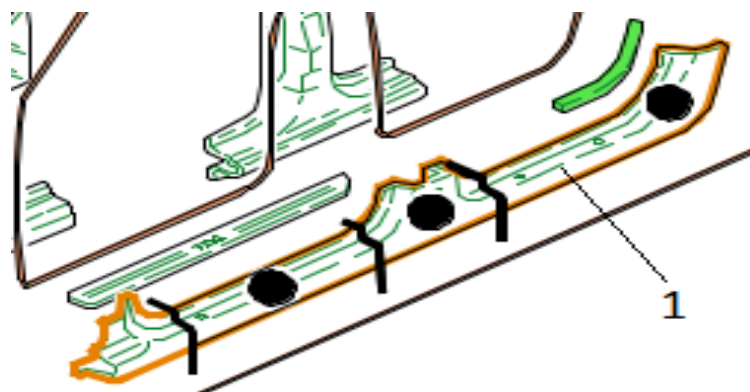


2.6 pav. Bandinių įtempių ir deformacijos kreivės

Iš grafiko matome, kad plienas iš kurio yra pagaminti bandiniai neturi takumo aikštelės, taip pat išoriniai slenksčio kevalai neturi didelės proporcingumo ribos ir greitai pradeda deformuotis, tačiau yra tąsūs lyginant su plienu iš kurio pagamintas stiprintuvas.

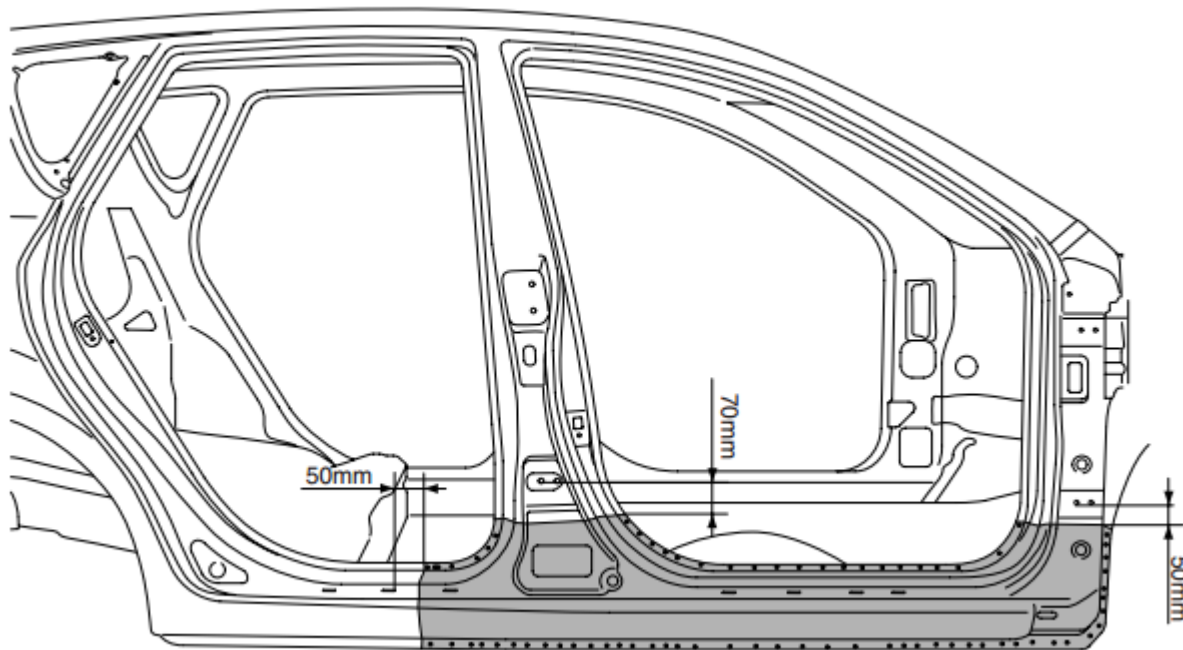
2.2 Automobilio slenksčio remonto metodika

Autoįvykio metu pažeidus automobilio kėbulo konstrukciją privaloma ją suremontuoti. Nuo apgadinimo laipsnio priklauso kokį remonto pobūdį privaloma taikyti. Pažeistų kėbulo elementų dalis galima lyginti užglaistant ir nudažant arba išlyginant nesunkiai prieinamose vietose. Stipriai pažeistų automobilio vidinių ertmių pažeidimus privaloma keisti, o ne remontuoti, tam kad būtų išsaugotas automobilio vientisumas. Dažniausiai tokios dalys yra išpjaunamos ir įvirinamos naujos [18].



2.7 pav. Išorinio slenksčio antdėklo keitimo vietos [21]

Automobilio konstrukcija sudaryta iš atskirų elementų sujungtų į vieną visumą, tačiau avarijos metu pažeisti elementai privalo būti pašalinami, todėl reikalingas tinkamas automobilio kėbulo remontas, po kurio automobilis neprarastų savo standumo. Kėbulo remontas yra sudėtingas procesas, todėl šiuos darbus privalo atlikti specialistai, turintys specialią įrangą. Kompiuterine programa „Audatex“ yra skaičiuojami remonto kaštai, norint atstatyti automobilį iki pirminio standumo. Šioje programoje yra pateikiami visų automobilių remonto skaičiavimai ir nurodoma dalių keitimo schema (2.7 pav.).



2.8 pav. Automobilio Opel Astra J slenksčio antdėklo keitimo vieta [18]

Žvelgiant į gamintojo siūlomus išorinės slenksčio dalies keitimą, iš 2.6 paveikslo, matome kuriose vietose galimas jo keitimas, tačiau pasirinkus tokio keitimo modelį programa įspėja apie automobilio standumo pakitimus. Vidinių ertmių pažeidimai, tokių kaip slenksčio stiprintuvo, jeigu jie yra su dideliais įlenkimais privaloma keisti nauju, jo negalima pjaustyti sekcijomis, tokiu būdu yra siekiama išlaikyti konstrukcijos stiprumą, taip apsaugant išlikimo zoną. Pašalinus pažeistus elementus kiekvienas profilis suderinamas su automobilio kėbulu ir privirinamas taškinio suvirinimo būdu. Visos virinimo siūlės yra nušlifuojamos ir uždažomos siekiant paslėpti automobilio remonto defektus [18].

2.3 Slenksčio konstrukcijos paruošimas bandymams

Slenksčio lenkimo bandymui paruošti trys slenksčių profiliai. Visi jie buvo išpjauti iš automobilio „Opel Astra J“ kartu su centriniu statramsčiu ir automobilio grindų dalimi. Kontroliniam bandymui pirmasis slenkstis buvo deformuotas be jokių pakitimų tam, kad būtų nustatyta kontrolinė riba, kaip elgiasi sveika konstrukcija avarijos metu (2.9 pav.). Pagal remonto metodiką pažeista išorinė slenksčio dalis buvo išpjauta ir suremontuota, vidinės ertmės buvo išlygintos taip, kad atitiktų pirmines formas. Šiuo atveju vidinis slenksčio stiprintuvas turėjo būti keičiamas nauju, tačiau prekyboje tokio elemento

įsigyti nepavyko, todėl jis buvo remontuojamas. Slenksčio konstrukcija suvirinama lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose, kuris yra aprašytas 1.6 punkte.



2.9 pav. Pažeista slenksčio konstrukcija

Antrasis bandinys buvo deformuotas nieko nepakeitus vien tam, kad būtų gauti konstrukcijos įlenkimai, kuriuos vėliau bus bandoma remontuoti. Pažeidus jo vientisumą, jo remontas buvo atliekamas išpjaunant pažeistas dalis. Išorinė slenksčio dalis keičiama alternatyvaus gamintojo kaip nurodoma 2.8 paveiksle, o vidinis stiprintuvas yra išpjaunamas, kurį išlyginus yra imontuojamas atgal taškinio suvirinimo būdu (2.8 pav.).



2. pav. Slenksčio išorinė dalis keista nauja

Trečiasis bandinys imituojamas automobilio slenksčio konstrukcijos remontas panaudojant kito sveiko automobilio konstrukcijos dalis, kurios buvo išpjautos ir įvirintos atgal. Taip buvo imituotas

dažnas remonte pasitaikantis dalinis detalės keitimas, kai jo konstrukcijos elementai yra keičiami kito automobilio konstrukcijos komponentais. Šio keitimo metu visi suvirinimai atliekami MIG suvirinimo aparatu, kuris užtikrina siūlės vientisumą ir stiprumą (2.9 pav.).



2.9pav. Slenksčio dalis keičiama iš kito automobilio

Statinio lenkimo bandymams buvo paruošti trys bandiniai. Du pradžioje buvo defektuoti, tam kad šiuos defektus būtų galima pašalinti. Sekantis bandinys nebuvo defektuotas pradžioje, tačiau, imituojant dalinį keitimą jis buvo išardytas ir suvirintas atgal.

2.4 Slenksčio konstrukcijos lenkimo, apkraunant statiškai, tyrimas

Siekdami nustatyti, kokią įtaką automobilio slenksčio remontas turi konstrukcijos stiprumui, buvo atlikti eksperimentiniai bandymai. Jais siekiama nustatyti gamyklinės ir remontuojamų konstrukcijų mechaninių charakteristikų skirtumus pasyvios saugos atžvilgiu. Tyrimui buvo naudojami trys vienodi slenksčio konstrukcijos bandiniai, kuriems buvo pagamintas specialus rėmas siekiant išlaikyti juos vienoje vietoje, taip imituojant bendrą automobilio kėbulą (2.10 pav.).



2.10 pav. Slenksčio konstrukcija įtvirtinta rėme

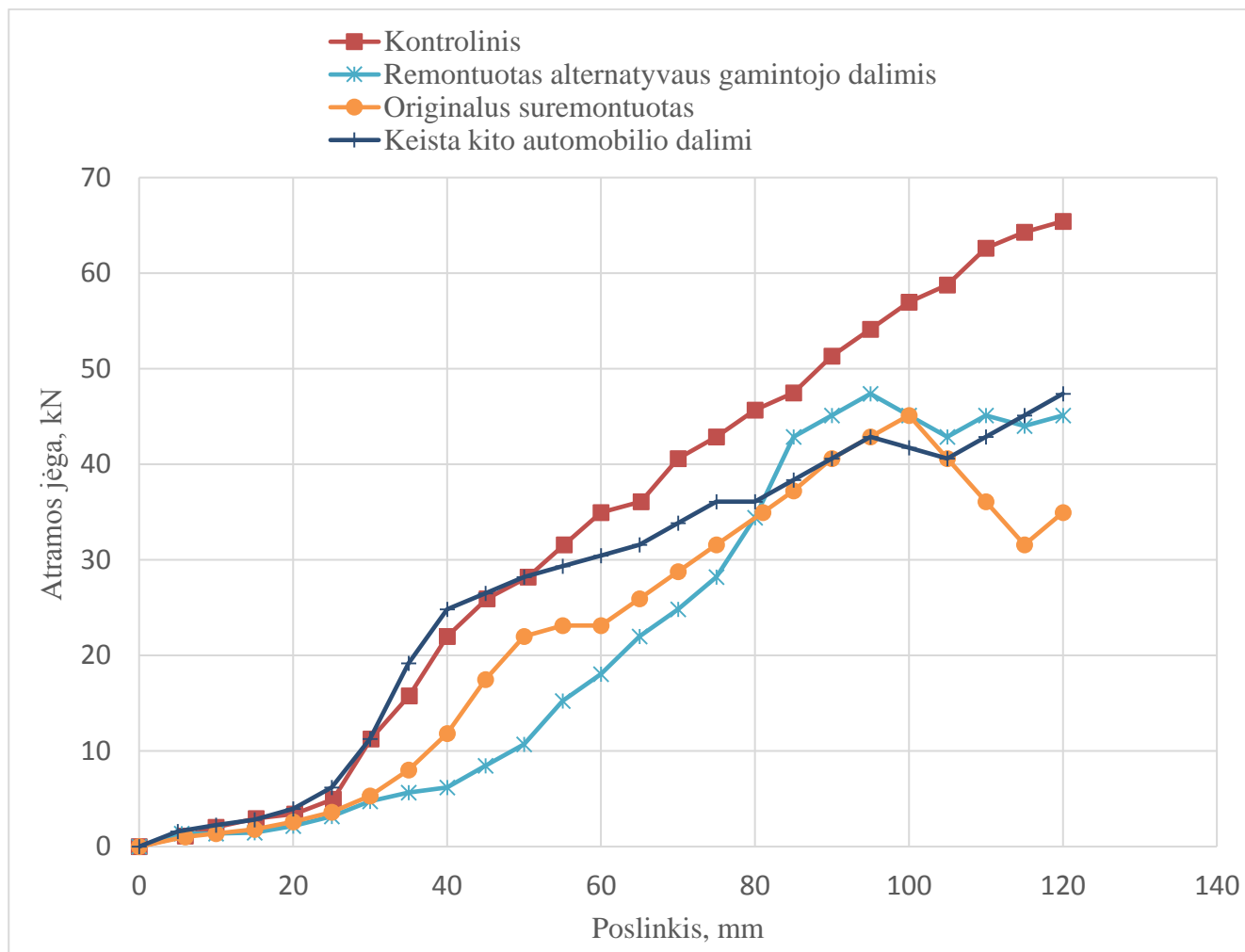
Bandyams atlikti buvo naudojamas universalus hidraulinis presas su jėgos bei poslinkio jutikliais. Hidraulinio presu maksimali spaudžiamoji jėga 20 kN o, cilindro eiga siekia 130 mm. Matavimo sistemą sudarė jutikliai, matuojamų dydžių keitikliai ir kompiuteryje įdiegta kompiuterinė įranga. Poslinkiui matuoti buvo naudojamas poslinkio jutiklis, kurio tikslumo klasė yra 0,2, matavimo tikslumas 0,001 mm, maksimalaus poslinkio greitis 3 m/s. Pirmiausiai buvo sukalibruotas jėgos jutiklis, kurio reikšmės buvo pateikiamos milivoltais. Kalibravimo metu nustatytas ryšys tarp jutiklio reikšmių ir veikiančios jėgos.

Eksperimento metu konstrukcija buvo orientuota taip, kad atsirėmusi apkrova sudarytų 90 laipsnių kampą. Tokiu būdu automobilio konstrukcija yra pažeidžiama avarijos metu. Apkrovos vieta yra orientuota į vairuotojo klubo sąnario poziciją jam sėdint vairuotojo vietoje (2.11 pav.)



2.11 pav. Smūgio vieta grindų stiprintuvo vietoje

Pagal duomenis gautus bandymų metu, sudaryta atramos reakcijos priklausomybė nuo cilindro eigos (2.12 pav.). Šioje priklausomybėje matosi, kad visos trys konstrukcijos apkraunamos deformuojasi panašiai, kaip ir kontrolinio bandymo metu. Skirtumai pradeda ryškėti tik tada, kai kliūtis atsiremia į vidinį stiprintuvą. Matomas staigus jėgos pokytis ties 25 mm sąlygoja, kad šiuo metu cilindras pradeda spausti vidinį stiprintuvą. Toliau matome kad gamyklinę konstrukciją deformuojant jėgos pokytis yra tiesiogiai proporcingas poslinkiui.



2.12 pav. Atramos reakcijos priklausomybė nuo cilindro eigos

Kontrolinio bandymo atramos jėga ir poslinkis grafike rodo ribą, kurią turėtų atitikti suremontuota slenksčio konstrukcija. Iš gautų duomenų matome, kad remonto pobūdis slenksčio konstrukcijai neturi didelės įtakos, nes trijų skirtingų bandymų metu konstrukcija praranda savo stiprumą ties 95 mm riba. Grafike matoma, kad suremontuotas bandynis alternatyvaus gamintojo dalimis ties 95 mm poslinkiu siekia 48 kN, toliau jėga pradėjo mažėti, o deformacija didėjo. Originalaus suremontuoto slenksčio profilio maksimali pasiekta atraminė jėga siekia 45 kN, toliau deformacijos didėjo, o jėga kuri laiką mažėjo. Remontuoto originalaus slenksčio konstrukcija pirminėje bandymo dalyje iki 40 mm buvo tokia pat stipri kaip ir kontrolinio, tačiau pradėjus klupti vidiniam slenksčio profiliui ji prarado savo standumą ir pradėjo greičiau deformuotis.

Išanalizavus gautas kreives, galime padaryti išvadą, kad remontuota dalis neprilygsta originaliai konstrukcijai ir neatlaiko tokių pačių apkrovų. Nagrinėjant po eksperimentinio bandymo slenksčio konstrukciją yra pastebima, kad jų visų deformacinės zonos yra vienodos. Labiausiai pažeistas buvo išorinis profilis, todėl, kad jis nėra pritaikytas smūgio jėgai sustabdyti. Bandymo konstrukcijos deformacijos pavaizduotos 2.13 paveiksle.



a



b



c



d



e



f



g



h



i



j



k



l



m



n



o



p

2.13 pav. a, b, c, d – kontrolinis bandymas su gamykline konstrukcija; e, f, g, h – alternatyvaus gamintojo išorinis slenksčio antdėklas; i, j, k, l – suremontuota gamyklinė konstrukcija, m, n, o, p – suremontuota gamyklinė konstrukcija panaudojant sveiko automobilio dalis

Galime teigti, kad slenksčio konstrukcijos deformavimosi pokytis bandymo metu atsižvelgiant į pridėtos jėgos vietą ir įtvirtinimo taškus yra labai panašus avarijos metu automobiliui trenkiantis šonu į stovinčią kliūtį. Nagrinėjant konstrukcijos pakitimus, ją deformuojant pastebėta, jog nepriklausomai nuo remonto pobūdžio ji deformuojasi panašiai. Išorinė slenksčio dalis spaudžiama klumpa ir įlinksta kaip parodyta 2.13 pav b, f, k, p paveiksluose. Vidinio slenksčio stiprintuvo įlinkiai ir deformacijos priklauso nuo to, kaip jis buvo remontuotas. Remonto metu jie buvo pašalinti iš konstrukcijos ir suremontuoti, to pasekoje jų atsparumas smūgiams sumažėjo ir iš paveikslų (2.13 pav. c, d, h, l) matomi skirtumai tarp originalaus stiprintuvo ir remontuotų. Visų remontuotų konstrukcijų taškinės suvirinimo siūlės dėl per didelių įtempių neatlaikė apkrovos ir atitrūko nuo konstrukcijos, taip dar labiau susilpnindamos ją (pav 2.13 c,g,h,o). Pažeisti vidiniai stiprintuvai buvo suremontuoti ir įvirinti atgal į konstrukciją, tačiau veikiant apkrovoms bandymo metu virinimo siūlės neatlaikė ir nutrūko (2.13 pav. l). Visais bandymo atvejais remontuota konstrukcija buvo silpnesnė už originalią, nors ir taikant įvairius remonto modelius niekaip nepavyko išgauti pirminio stiprumo tai akivaizdžiai parodo grafikas (2.12 pav.).

Nagrinėjant slenksčio konstrukcijos pakitimus apkrovos vietoje (2.13 pav. b) pastebima, kad gamyklinė konstrukcija deformuojasi mažiausiai, veikiant tokiai pačiai jėgai palyginus su remontuotais bandiniais. Gamyklinės konstrukcijos išliekamoji deformacija siekė 85,20 mm (2.14 pav.), nors cilindro eiga į bandinį siekė 120 mm. Deformacijos buvo tik dėl pridėtos jėgos, kurią pašalinus buvo galima nustatyti išliekamąsias deformacijas dėl plieno tamprumo.



2.14 pav. Kontrolinio bandinio išliekamosios deformacijos

Analizuojant eksperimentinių bandymų metu gautus duomenis sudaryta išliekamųjų deformacijų lentelė.

2.1 lentelė

Slenksčio konstrukcijos išliekamosios deformacijos

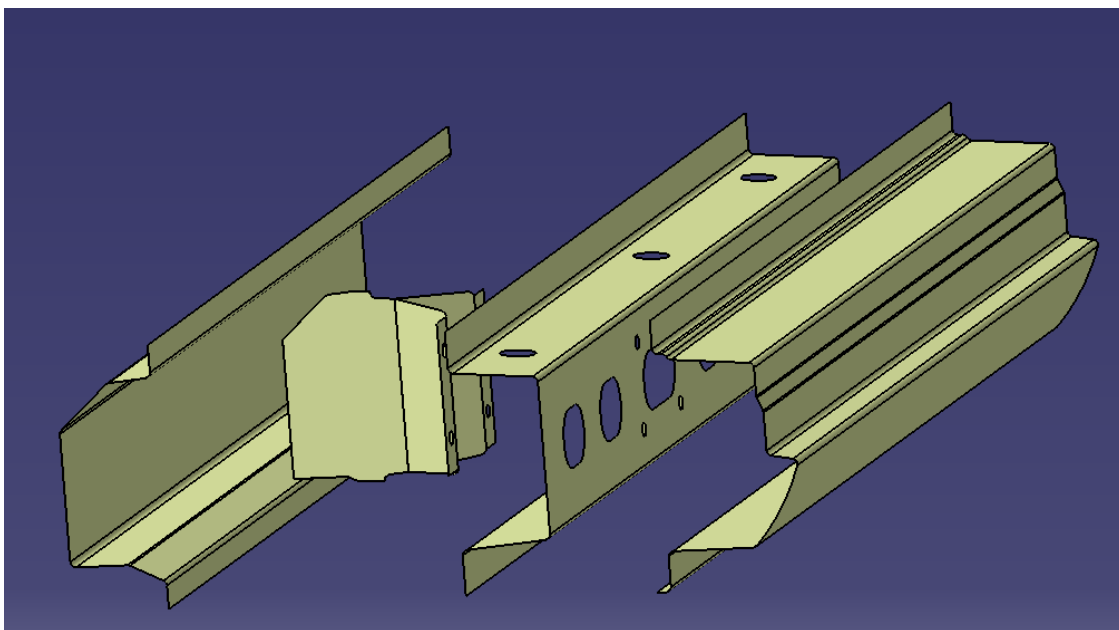
Remonto pobūdis	Išliekamosios deformacijos, mm
Kontrolinis bandymas	85,20
Suremontuota panaudojus alternatyvaus gamintojo slenksčio antdėklą	88,16
Suremontuota išlyginant	90,74
Įvirinta sveika dalis	92,18

Iš 2 lentelės matome, kiek slenksčio konstrukcija deformavosi pašalinus spaudimo jėgą, dėl to galime spręsti kiek konstrukcija yra tvirta ir elastinga.

3 SKAITINIS MODELIAVIMAS

3.1 Slenksčio konstrukcijos skaitinio modelio sudarymas

Konstrukcijos atsparumas lenkimui yra viena iš pagrindinių savybių nusakanti pasyviają saugą. Nagrinėjant automobilio šoninės konstrukcijos t. y. slenksčio struktūrą buvo nustatyta, jog ji susideda iš keturių pagrindinių elementų: išorinio profilio, vidinio stiprintuvo, grindų stiprintuvo ir stiprinančių atramų. Atlikti natūrinius bandymus yra brangu ir tai užima labai daug laiko jiems pasiruošiant, todėl siekiant sutaupyti yra atliekami skaitiniai modeliavimai. Kompiuterine programa „CATIA V5“ buvo sumodeliuota slenksčio konstrukcija naudojant kevalinius elementus. Norint gauti kuo tikslesnius duomenis privaloma atkartoti visus geometrijos išdėstymus ir standumo elementus. Taip pat žinoti medžiagų mechanines charakteristikas, pradines ir kraštines sąlygas. Sumodeliuotas konstrukcijos elementas pateiktas 3.1 paveiksle.



3.1 pav. slenksčio konstrukcijos elementai

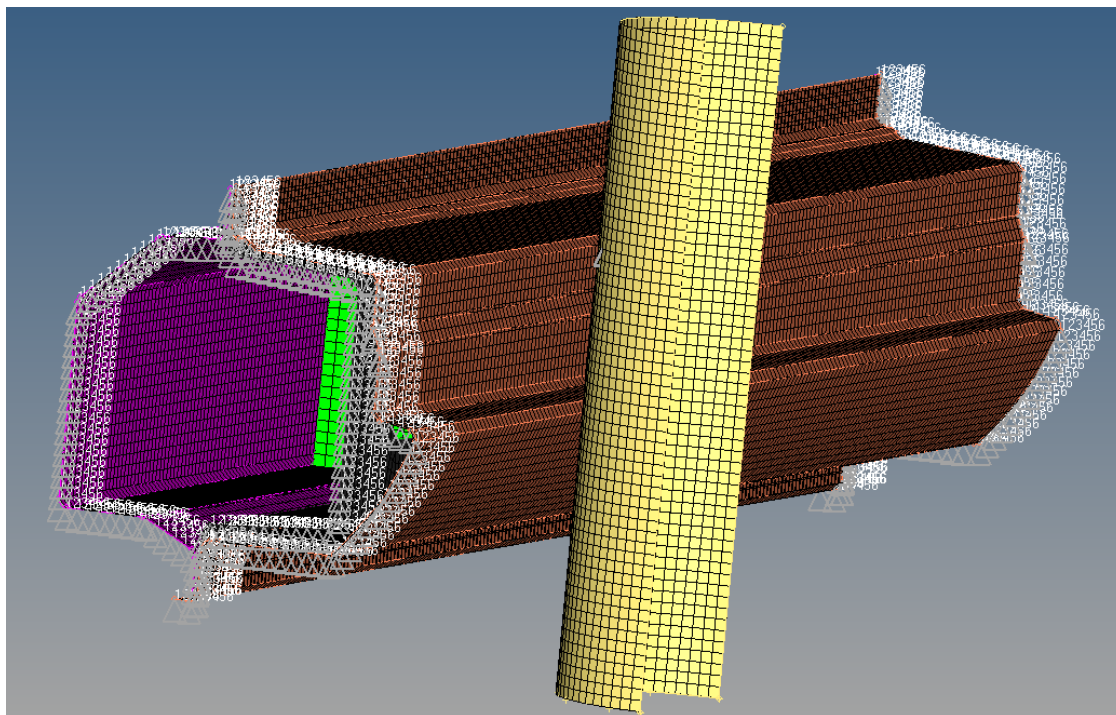
Modeliuojant konstrukciją visi jos elementai buvo nubraižyti kaip atskiros detalės ir vėliau naudojant „Catia Assembly Design“ sujungti į bendrą konstrukciją.

Sudarant skaitinį modelį buvo naudojama programa „Hyper mesh“. Šioje programoje buvo sumodeliuotas visas elementas. Pasirinktas tinklas pagal kurį bus skaičiuojami konstrukcijos pokyčiai imituojant smūgį. Smūgio imitacijos metu buvo pasirinktas kevalinio tipo nedeformuojamas stulpo fragmentas, kurio skersmuo 110 mm. Pasirinktos slenksčio elementų medžiagos, kurias nustatėme bandymo metu aprašytu 2.1 skyriuje, lentelėje 3.1 pateikiami pagrindinės plieno konstrukcijos mechaninės charakteristikos. Jie buvo gauti atliekant natūrinius tempimo bandymus su universaliomis tempimo staklėmis.

Metalų mechaninės charakteristikos

Profilis	ρ , kg/m ³	σ_y , MPa	σ_u , MPa	E , GPa	ν
Originalus	7860	240	290	205	0,3
Stiprintuvas	7860	650	850	205	0,3
Alternatyvus gamintojo išorinis	7860	155	230	205	0,3

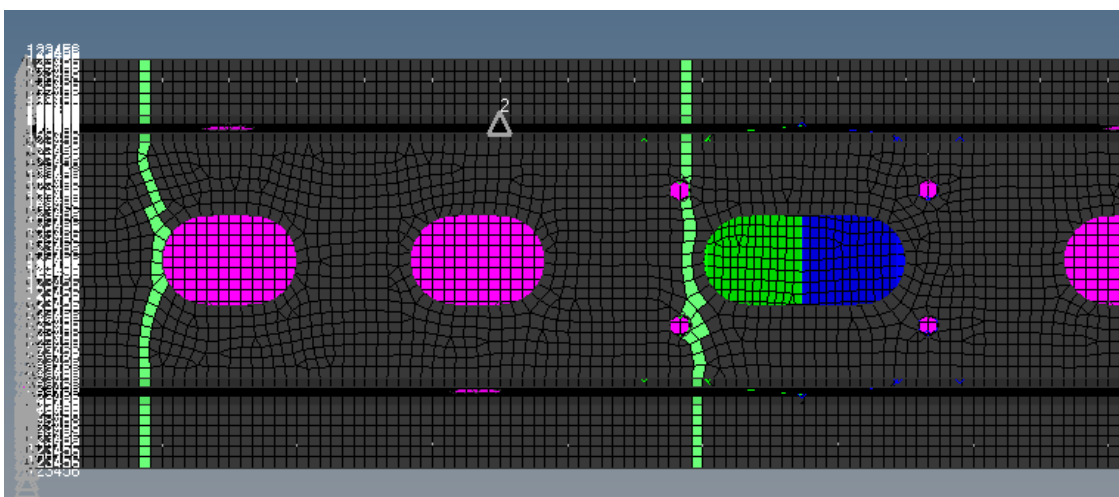
Sudarant skaitinį modelį pirmuoju atveju buvo sumodeliuotas sveiko nepažeisto slenksčio konstrukcijos modelio skaitinis lenkimo bandymas. Antruoju atveju pakeičiama viršutinė slenksčio dalis ir suremontuojama vidinė, o trečiuoju bandymu imituotas pažeistos dalies keitimas, sveika dalimi. Kaip ir tikrame bandyme, konstrukcija galuose yra įtvirtinta. Programoje „Hyper mesh“ buvo pasirinkti visi reikalingi nustatymai, kad programa suskaičiuotų ir sumodeliuotų kontrolinių bandymo rezultatus. Sumodeliuotas detalių suvirinimo būdas, kadangi išanalizavus konstrukcijos sudedamąsias dalis rasta tik taškinio suvirinimo, viršutinėje dalyje suvirinta 30 mm atstumu, o apatinėje 60 mm atstumu. Taip pat vidinis skersinis stiprintuvas, imituojant taškinį suvirinimą buvo pritvirtintas prie slenksčio stiprintuvo. Programoje apibrėžtos pradinės ir kraštinės sąlygos. Sumodeliuota baigtinių elementų sistema (3.2 pav.) buvo įkelta į „LS-Dyna“ skaičiuoklę.



3.2 pav. Sumodeliuota kontrolinio bandymo baigtinių elementų sistema

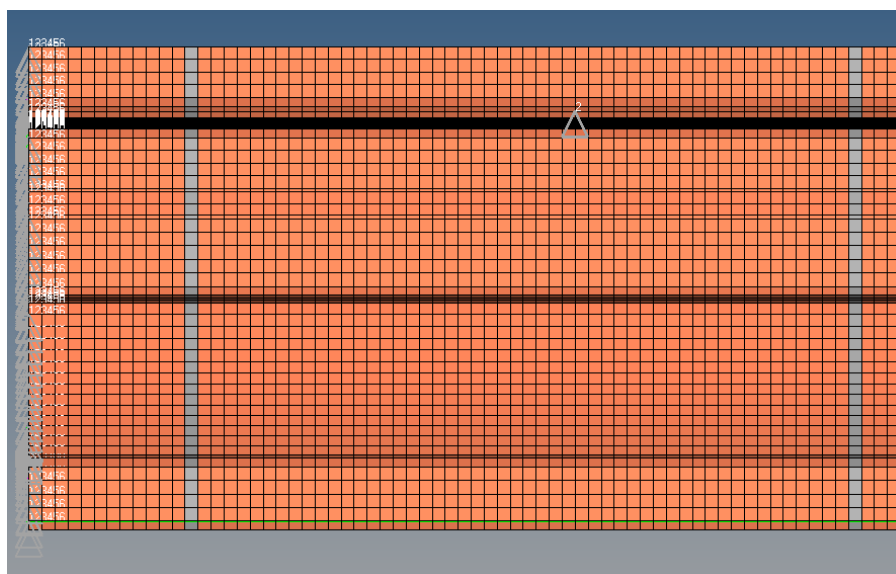
Tiriama konstrukcija spaudžiama visiškai nedeformuojamu stulpą imituojančiu kūnu.

Antruoju skaitiniu bandymu konstrukcija buvo suremontuota, keista slenksčio išorinė dalis ir buvo išpjauta vidinio stiprintuvo dalis, norint jį atstatyti kaip buvo iki pažeidimo. Išorinis slenksčio antdėklas buvo nuimtas pašalinus taškinį suvirinimą. Tam programoje „Hyper mesh“ buvo pasirinkta papildoma medžiaga apibūdinanti alternatyvaus gamintojo pagamintą slenksčio antdėklą. Pasirinkta vieta suvirinimo siūlei, sukuriant naują medžiagą ir naują komponentą, kaip atskirą elementą. Paveiksle 3.3 matoma virinimo siūlės vieta.



3.3 pav. Vidinio stiprintuvo suvirinimo siūlės

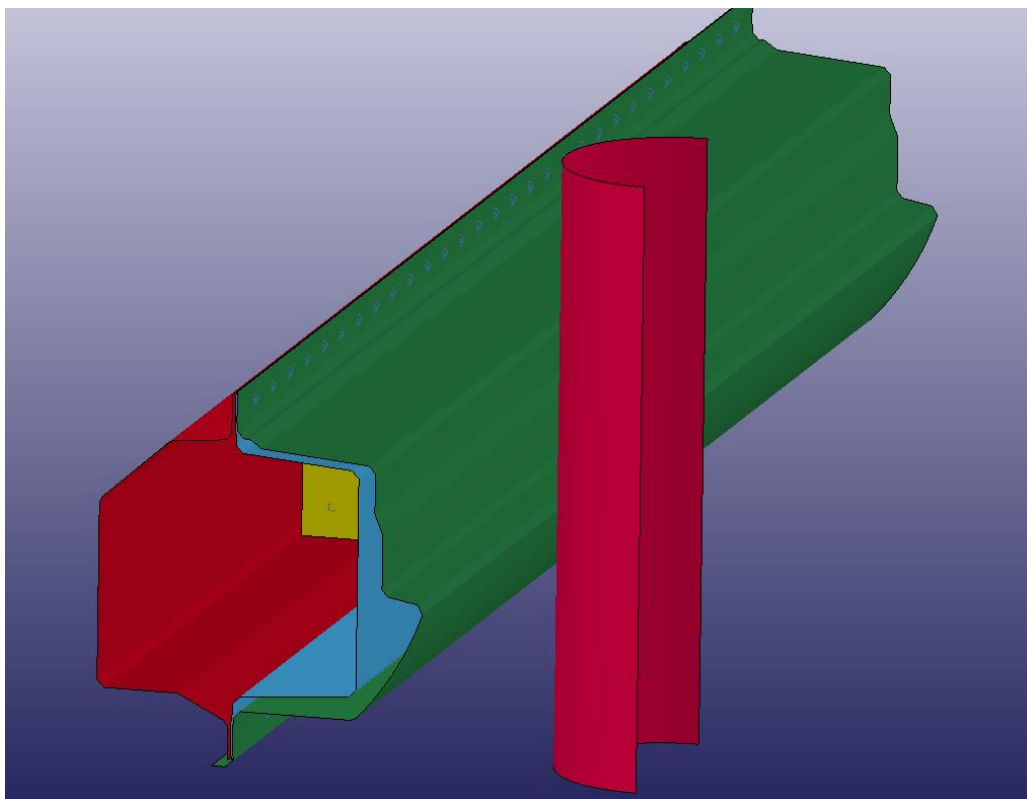
Trečiuoju bandymu imituota slenksčio konstrukcijos keitimo po eismo įvykio technologija. Buvo pašalintos apgadintos dalys ir pakeistos sveiko automobilio dalimis. Įmontuotoss dalys buvo tokio paties automobilio, todėl plieno mechaninės charakteristikos yra tokios pačios, kaip ir tiesioginio bandymo metu nustatytos. Paveiksle 3.4 matoma išorinio antdėklos suvirinimo vieta.



3.4 pav. Išorinio antdėklos suvirinimo vieta

Trečiojo bandymo metu visa metodika pasirenkant suvirinimo siūlę nesiskiria nuo antrojo.

Skaičiuojamojoje programoje „LS Dyna“ slenksčio konstrukcija įtvirtinta nejuda erdvėje, o juda stulpą imituojantis nedeformuojamas elementas, kuris juda laike Y ašimi. Jis juda nuo nulinės padėties iki septyniasdešimt penktos padėties. Paveiksle 3.5 parodoma programos „LS Dyna“ sumodeliuotas ir suskaičiuotas konstrukcijos skaitinis modelis.

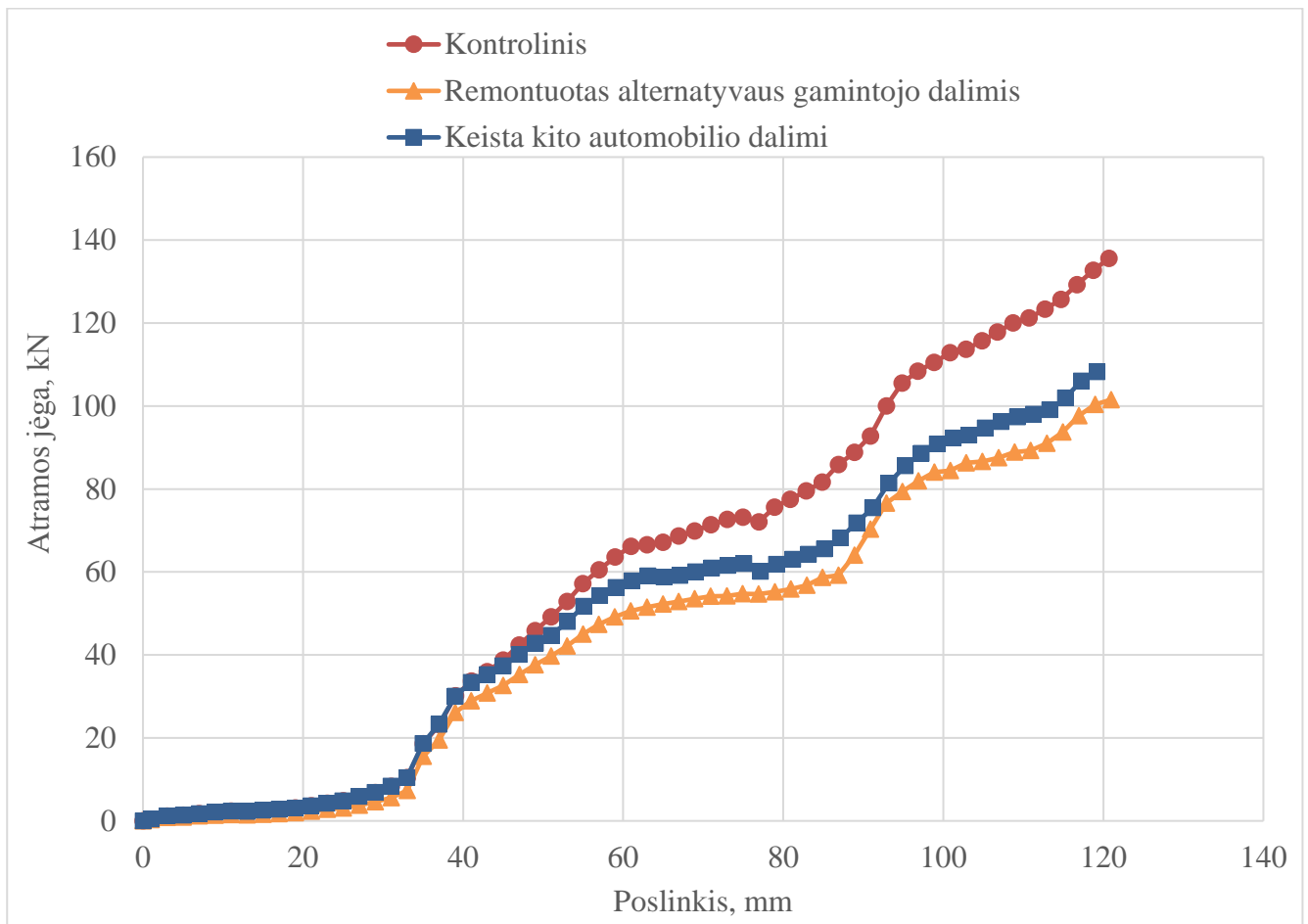


3.5 pav. Sumodeliuota slenksčio konstrukcija „LS-Dyna“ programoje

Stulpą imituojanti kūnas nuo slenksčio krašto yra nutolęs 300 mm, taip kaip natūriniuose bandymuose.

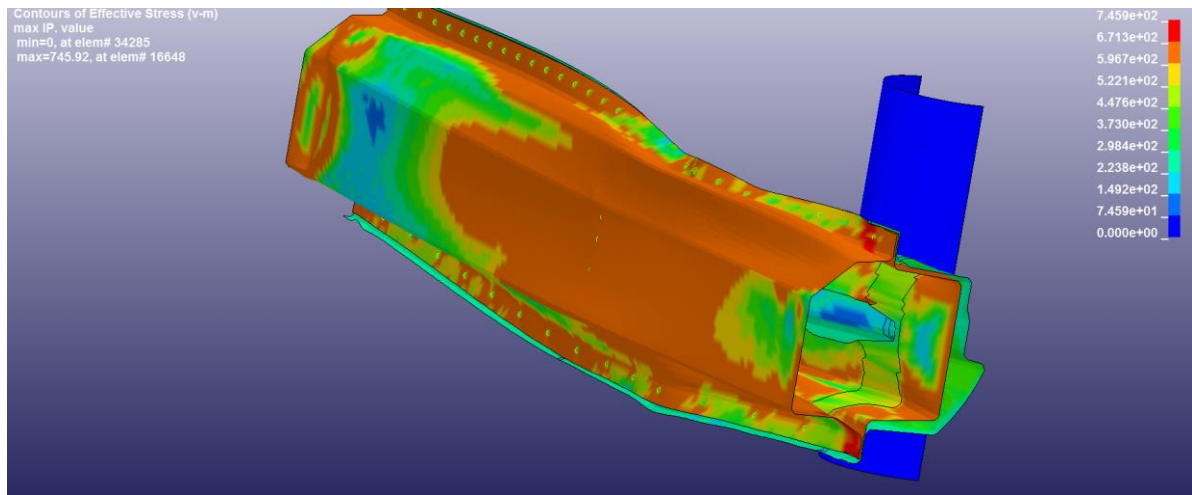
3.2 Skaitinio modelio rezultatų analizė

Siekiant patikrinti slenksčio konstrukcijos natūrinius eksperimentinius bandymus, atlikti stipruminiai skaičiavimai „LS-Dyna“ programa. Pagal duomenis, kurie buvo gauti atlikus skaičiavimus baigtinių elementų modelių analizės metu, sudarytas grafikas, kuris nusako atramos reakciją nuo spaudžiančio kūno poslinkio (3.6 pav.).



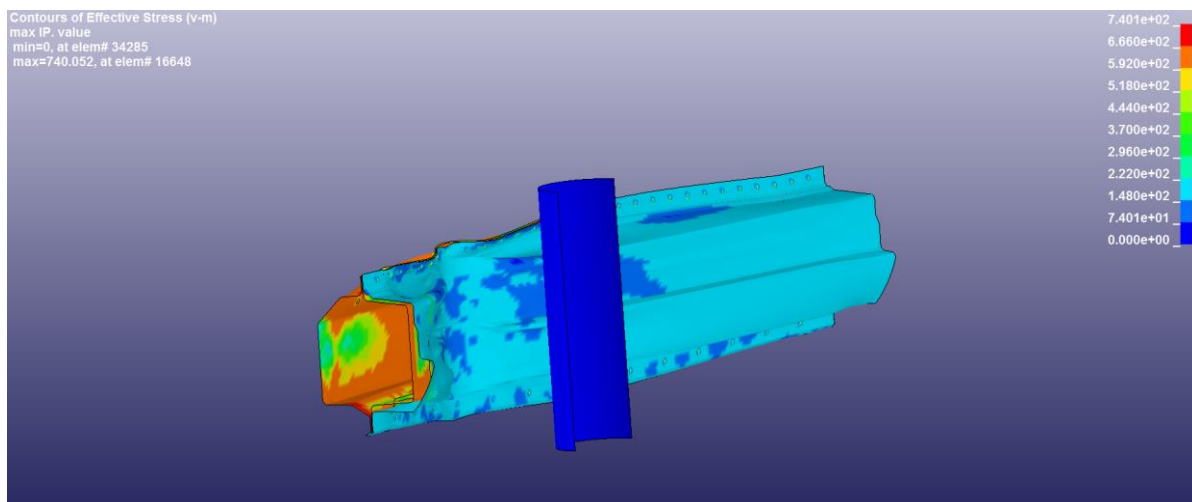
3.6 pav. Atramos reakcijos priklausomybė nuo poslinkio

Iš grafiko matome, kad didžiausią reikšmę pasiekia gamyklinė originali konstrukcija, jos atramos reakcijos reikšmės kinta tolygiai didėdamos ir galime teigti, tiesiogiai proporcingos poslinkiui. Kitos konstrukcijos pradinėje dalyje iki 30 mm ribos atramą veikia beveik vienoda jėga, pasiekus stiprintuvą jėga staigiai šoka ir kreivės pradeda skirtis. Visų konstrukcijų atveju ties 60 mm riba yra pastebima atramos jėgos nusistovėjimas, jis atsiranda dėl to, jog skersinis slenksčio stiprintuvas nebeatlaiko apkrovos ir sulinksta, todėl atraminė jėga sumažėja poslinkio atžvilgiu, bet nuo 90 mm ribos ji toliau didėja. Pastebėta, jog originalios konstrukcijos pasiekta maksimali atraminė jėga yra 135570 N, kuri yra didesnė lyginant su remontuotos konstrukcijos reikšmes. Antrasis bandymas buvo skaičiuotas su keista originalia automobilio dalimi, jos maksimali apkrovos reakcija ties 120 mm yra 109727 N. Mažiausia atramos reakcija buvo pasiekta trečiuoju bandymu, kur buvo naudojama alternatyvaus gamintojo išorinė dalis, bei suremontuota vidinė slenksčio konstrukcijos dalis. Jos reikšmė ties 120 mm yra 101517 N. Pagal gautus atramos reakcijų skirtumus, galima teigti, kad remonto rūšis turi didelę įtaką bendram konstrukcijos stiprumui.



3.7 pav. Originalios suvirintos konstrukcijos įtempių pasiskirstymas

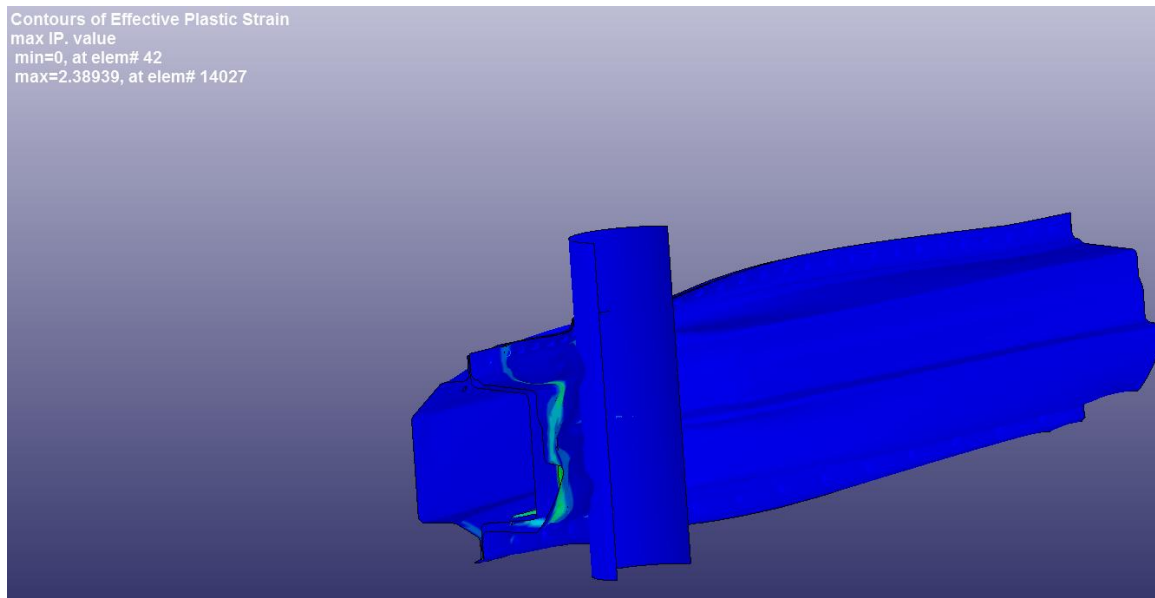
Įtempių pasiskirstymas konstrukcijoje, kuri buvo remonuota keičiant originalią dalį pateiktas 3.7 paveiksle. Bandymas atliktas lenkiant slenksčio konstrukciją iki 130 mm ribos Y kryptimi. Iliustracijoje matoma, kad didžiausi įtempiai veikiantys baigtinių elementų tinklę yra 745,92 MPa.



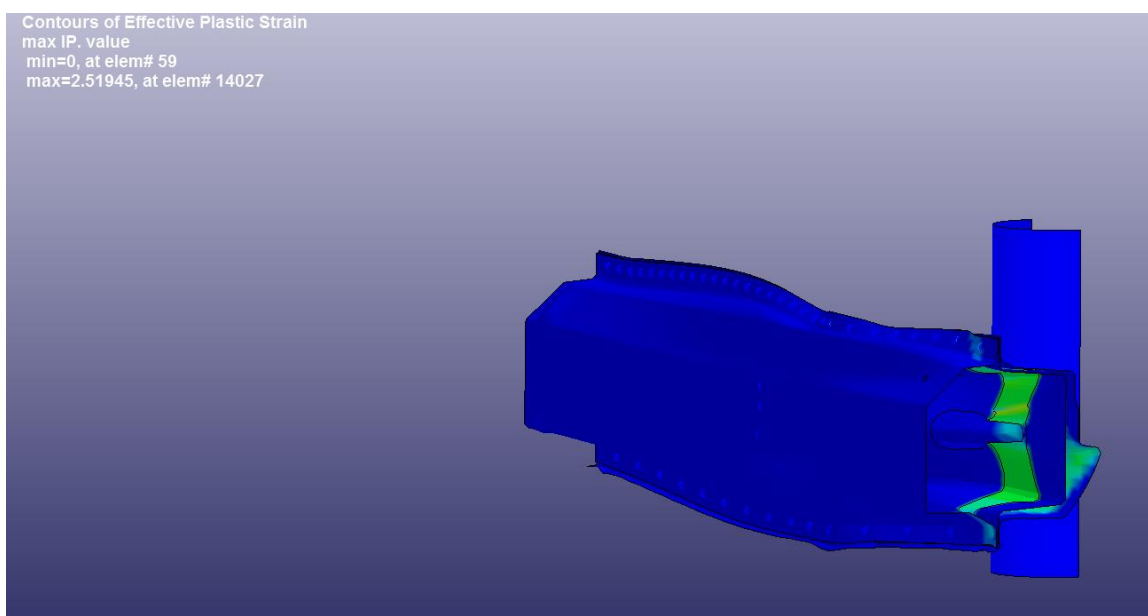
3.8 pav. Suremontuotos konstrukcijos su alternatyvaus gamintojo dalimi įtempių pasiskirstymas

Alternatyvaus gamintojo išoriniu slenksčio antdėklu suremontuota dalis (3.8 pav.) ties 130 mm riba pasiekė 740 MPa įtempius. Tai įrodo, kad konstrukcijoje naudotos virinimo siūlės leido daugiau deformuotis elementui ir taip prarasti savo standumą.

Tiek skaitiniu būdu suskaičiuotos kontrolinės konstrukcijos, tiek abiem atvejais remontas, įtempių pasiskirstymas yra panašus. Jie koncentruojasi slenksčio vidinio grindų stiprintuvo sienelėje.



a



b

3.8 pav. Slenksčio konstrukcijos suvirinimo siūlės plastinės deformacijos: a – originalaus remontuoto, b – alternatyvaus gamintojo slenksčio andėklų

Paveiksle 3.8 yra vaizduojamos slenksčio elementų skaitinio modelio suvirinimo siūlių plastinių deformacijų pasiskirstymas. Didžiausios plastinių deformacijų reikšmės yra remontuotos alternatyvaus gamintojo išoriniu profiliu bandinio – 2.51945, o originalaus remontuoto 2.38939.

EKONOMINIS ĮVERTINIMAS

Automobilio kėbulo remonto darbai yra sudėtingas procesas reikalaujantis daug žinių ir patirties. Visos remonto įmonės atlikinėjamos kėbulų remonto darbus turi specialią įrangą, kurios pagalba yra lyginami pažeisti automobilio konstrukcijos elementai. Šioje dalyje apžvelgsime automobilio kėbulo remonto darbų kainas, priklausomai nuo remonto pobūdžio.

Tyrimo metu buvo kreipiamasi į pagrindinius automobilių remonto servisas norint išsiaiškinti kokio tipo remontą jie taikytų sudaužytai slenksčio konstrukcijai suremontuoti, iki priminės išvaizdos ir buvo paprašyta pateikti remonto sąmatą kiek tai kainuotų. Visų remonto atstovų nuomone šią vietą privaloma keisti nauja, nes pažeista vidinė slenksčio dalis neužtikrins automobilio kėbulo saugumo. 4 lentelėje yra pateikiama serviso atstovų remonto darbų kainos su atlikimo pobūdžiu.

4 lentelė

Remonto darbų įkainiai

Remonto pobūdis	Suma, Eur		
	Servisas Nr. 1	Servisas Nr. 2	Servisas Nr. 3
Montuotojas	50	60	55
Skardininkas	180	240	310
Mechanikas	15	15	10
Dažytojas	150	130	110

Montuotojas – asmuo, kuris išardo automobilį iki saugaus jo remonto, tam kad nebūtų pažeistos sveikos dalys.

Skardininkas – asmuo, kuris išlygina pažeistas automobilio kėbulo dalis arba jas keičia naujomis.

Mechanikas – šiuo atveju kaip nurodė servisas pagalbinis žmogus skardininkui.

Dažytojas – asmuo, kuris paruošia suremontuotą automobilio kėbulą dažyti ir jį nudažo.

Apklausoje metu nei vienas serviso atstovas neužsiminė apie automobilio kėbulo saugumą po remonto ir tiksliai neįvardijo kaip būtų keičiamos pažeistos kėbulo dalys. Šio tyrimo eigoje išnagrinėjome kelis automobilio kėbulo remonto būdus ir nustatėme, kad nepriklausomai nuo remonto pobūdžio, jei automobilio kėbulas buvo pažeistas, jis neatgaus savo pirminio stiprumo koks buvo iki eismo įvykio.

Alternatyvių tyrimų metu nustatinėjant automobilio saugumo parametrus yra bandomas visas automobilio kėbulas. Nei viena automobilių bandymus atliekanti kompanija netiria remontuotų kėbulų pasyviąją saugą.

DARBO APIBENDRINIMAS IR REZULTATŲ PALYGINIMAS

Norint nustatyti medžiagų mechanines savybes buvo atlikti tempimo bandymai, kuriems buvo paruošti 9 bandiniai iš skirtingų slenksčio konstrukcijos elementų. Visi bandiniai atitiko LST EN ISO 6892-1:200 standartą. Išanalizavus gautus rezultatus buvo nustatytos medžiagų takumo ir stiprumo ribos. Išsiaiškinta, jog vidinis slenksčio stiprintuvas du kartus stipresnis už išorines slenksčio kevalo dalis. Ištirtaos alternatyvaus gamintojo dalies mechaninės savybės ir palygintos su originalios dalies mechaninėmis charakteristikomis.

Norint nustatyti kokią įtaką automobilio slenksčio remonto tipas turi jo konstrukcijos stiprumui, buvo atlikti eksperimentiniai bandymai. Paruošti trys bandiniai, kurie buvo apkrauti toje pačioje vietoje ir žiūrėta, kokia jėga jie spaudžiami. Buvo pasirinkti trys remonto būdai: išpjauama pažeista dalis ir išlyginama, išpjauama vidinė dalis ir išlyginama, o išorinė keičiame alternatyvaus gamintojo dalimi ir paskutinis remonto būdas yra keičiama iš sveiko automobilio paimta dalis. Palyginus gautus rezultatus manoma, jog atlikto kontrolinio bandymo rezultatų nepavyko pasiekti remonto metu. Visais remonto atvejais konstrukcija susilpnėjo. Atkreipiant dėmesį, jog konstrukcijos deformavimasis yra panašus į šoninio susidūrimo su stulpu imitacija.

Analizuojant gautus duomenis, skaitinio modeliavimo metu, buvo nustatyti trijų bandymų atraminės jėgos ir maksimalūs įtempiai. Deja, programoje „LS-Dyna“ negalime pasirinkti suremontuotos dalies parametrus, todėl vieno natūrinio bandinio neįmanoma suskaičiuoti skaitiniu būdu. Sudarius grafiką paaiškėjo, kad pradinėje bandymo dalyje atraminės jėgos yra panašaus dydžio iki tol kol kliūtis pasiekia vidinį stiprintuvą. Lyginant gautus remontuotų konstrukcijų rezultatus su kontroliniu pastebima, kad remontas nepriklausomai nuo jo pobūdžio susilpnino esamą konstrukciją.

Palyginus gautus rezultatus tarp realaus bandymo ir skaitinio modeliavimo pastebėta, jog gauti rezultatai skiriasi, dėl to kad programoje nėra įvertinamas pažeistos ir suremontuotos mechaniškai dalies mechaninės charakteristikos pokytis. Lyginant abu grafikus matoma tendencija ir kad šie grafikai yra panašūs.

Kituose tiriamuosiuose darbuose yra tiriama automobilio visa šoninė konstrukcija arba atskiri elementai, tokie kaip: durys, statramsčiai. Tai daroma norint sutaupyti lėšų ir nesugadinti visos transporto priemonės. Visi šoniniai elementai modeliuojant yra patobulinami siekiant padidinti jų standumą, atsižvelgiant į technines charakteristikas. Automobilio šoninės dalies remonto pobūdis avarijos metu ir jo stipruminių charakteristikų nustatymas nėra nagrinėjama tema.

Norint gauti tikslesnius rezultatus reikėtų apkrauti visą automobilio šoninę dalį arba ją sumodeliuoti, tačiau natūriniai bandymai gali būti per daug sudėtingi su didelėmis atskiromis automobilio kėbulo dalimis, todėl paprasčiau būtų tirti visos šoninės konstrukcijos remonto pobūdį avarijos metu ir įvertinti deformacijas bei jėgas, kurias sugeria slenksčio konstrukcija, o kurias perduoda kitiems elementams.

IŠVADOS

1. Metalo tempimo bandymo metu, nustatytos slenksčio konstrukcijos elementų mechaninės charakteristikos: išorinio originalaus slenksčio antdėklo takumo riba 240 MPa, vidinės konstrukcijos stirpintuvo takumo riba 650 MPa, alternatyvaus gamintojo išorinio slenksčio antdėklo takumo riba 155 MPa. Ruošiant bandinius išanalizuota slenksčio konstrukcija. Tempimo bandymams nustatant metalo mechanines charakteristikas buvo paruošti 9 bandiniai.
2. Atlikus realius bandymus ir sudarius atraminės jėgos, bei poslingių diagramas pastebima tendencija, kad remontas susilpnino konstrukciją, nes nei vienas remonto pobūdis nepilygo originaliai konstrukcijai, kadangi mažiausias jėgų skirtumas ties 120 mm deformacijos riba yra 18 kN.
3. Programa „LS-Dyna“ suskaičiuoti 3 skaitiniai modeliai: kontrolinis, remontuotas naudojant sveiko automobilio dalis ir remontuotas naudojant alternatyvaus gamintojo dalis. Gautos atramos reakcijos galutiniame taške yra: kontrolinio bandymo metu 136 kN, panaudojus alternatyvaus gamintojo konstrukcijos dalis 102 kN, o keista originalia konstrukcija 110 kN.
4. Palyginus gautus atraminės jėgos ir poslinkio grafikus natūrinio bandymo su skaitinio modeliavimo, pastebėta grafikų tendencijų panašumai. Kontrolinio bandymo rezultatus palyginus su skaitinėmis reikšmėmis jos skiriasi 48 %, remontuoto panaudojant kito automobilio dalis 44 %, remontuojant alternatyvaus gamintojo dalimis 45 %. Tam įtaką turėjo natūrinio bandymo metu tvirtinimo konstrukcijos deformacijos ir hidraulikos sistemos paklaidos. Apibendrinant gautus rezultatus galime teigti, kad nepriklausomai nuo remonto pobūdžio slenksčio konstrukcijos remontas, ją tik susilpnina taip mažindamas automobilio pasyviają saugą.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. „The analysis and Improvement of Side Impact of Car Body Structure“ aut. Gong Aihong, Hu Mingmao. Mechanical Dept of Hubei University of Automotive Technology
2. „Investigation of Thickness Influences on Energy Absorption for Side Doors and B Pillar in Euro NCAP Pole Side Impact Test“ aut. A.H. Lilehkoohi, A. A. Faieza, B. B. Sahari, A. A. Nuraini and M. Halali. Departamens of Mechanical and Manufacturing Engineering, Universiti Putra Malaysia.
3. „An Experiment and FE Simulation for the Development of a SPFC1180 AHSS One-Body Door Impact Beam About a Car Side Collision“ aut. Tae Ho Yoon, Hoyoon Kim, Cheol Heo and Jongwan Kwon. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing Vol. 17, No1, pp 81-89.
4. „Carbon fiber monocoque for a hydrogen prototype for low consumption challenge“ aut. A. Airale, M. Carello, A. Scattina. Mat.-wiss. U. Werkstofftech. 2011. 42, No. 5
5. „Structural crashworthiness analysis of a ladder frame chassis subjected to full frontal and pole side impacts“ aut. S. Dagdeviren, M. Yavus, M. Kocabas, E. Unsal and V. Esat. International Journal of Crashworthiness ISSN: 1358-8265 (Print) 1754-2111 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/tcrs20>
6. Automobilių ir traktorių konstrukcija : metodinė medžiaga studentams / A. Jurkauskas, J. Sapragonas ; Kauno technologijos universitetas. p. 214-235
7. Suvirinimo būdai [žiūrėta 2017-05-01] prieiga per internetą <http://www.gowelding.org/articles/types-welding/>
8. Euro NCAP atliekamų saugos testų protokolai ir techninė informacija [žiūrėta 2015-04-15] prieiga per internetą <http://www.euroncap.com/en/for-engineers/protocols/general/>
9. IIHS atliekamų saugos testų protokolai ir techninė informacija [žiūrėta 2017-05-14] prieiga per internetą: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/technical-information/technical-protocols>
10. Tempimo bandymo standartizacija [žiūrėta 2017-04-15] prieiga per internetą. <http://lsd.lt/index.php?908892755>
11. J. Sapragonas. Transporto priemonių kėbulai. Kaunas, 2013. 210p.
12. Volkswagen Passat laikančioji konstrukcija [žiūrėta 2017-04-15] prieiga per internetą http://www.autogefuehl.de/wp-content/uploads/2014/05/DerNeuePassat_Karosserie.jpg
13. Automobilio laikantysis rėmas [žiūrėta 2017-04-15] prieiga per internetą <http://cdn3.volusion.com/mkkrn.vcpjk/v/vspfiles/photos/1937CRC-2.jpg?1344261880>
14. Anglies pluošto laikančioji konstrukcija [žiūrėta 2017-04-15] prieiga per internetą <http://www.madmechanics.com/forum/attachments/build-diaries/22828d1366813402-carbon-fiber-monocoque-question-carbonfibermonocoque.jpg>

15. Taškinis suvirinimas [žiūrėta 2017-04-16] prieiga per internetą
http://www.robotwelding.com/spot_welding.htm
16. TIG suvirinimas [žiūrėta 2017-04-16] prieiga per internetą
http://www.suvirinimas.lt/sites/default/files/styles/680x500/public/tik_suvirinimo_schema_0.jpg?itok=yO1m9YSA
17. Lazerinis suvirinimas [žiūrėta 2017-04-16] prieiga per internetą
http://www.aga.lt/lt/processes_ren/welding/laser_welding/index.html
18. Automobilių remonto vadovas [žiūrėta 2017-04-17] prieiga per internetą
http://www.marko.lt/wp-content/uploads/2016/09/1370_Garbincius_Automobiliu_WEB_geripav_prote.pdf
19. Automobilio šoninio smūgio analizė [žiūrėta 2017-04-21] prieiga per internetą <https://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv16/98s11o12.pdf>
20. Automobilio *Volvo XC 90* kėbulo elementai [žiūrėta 2017-04-21] prieiga per internetą
https://www.media.volvocars.com/image/low/205096/1_1/5?i=1
21. Automobilio *Opel Astra J* slenksčio konstrukcijos elementai [žiūrėta 2017-04-21] prieiga per internetą <https://www.audatex.lt/cms/lt/web/ax-lt/hiddenlogin>
22. Euro NCAP šoninis smūgis į stulpą [žiūrėta 2017-04-22] prieiga per internetą
<http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/side-pole/>
23. Euro NCAP šoninio smūgio imitacija [žiūrėta 2017-04-22] prieiga per internetą
<http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/side-mobile-barrier/>