

AUTOMOBILIO DEFORMUOTO LONŽERONO IŠLYGINIMAS

K. Lukoševičius, V. Žarnovskij

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Per paskutinį dešimtmetį poavarinė kėbulo remonto ir dažymo technologijos labai pasikeitė. Senoji ir naujoji automobilių kartos pirmiausia skiriasi tuo, kad šiuolaikiniai automobiliai yra beveik vienodos konstrukcijos. Ant rasis skirtumas – naujas automobilis turi glamžymosi zoną, t. y. amortizavimo zoną, kuri smūgio metu sulankstoma. Glamžymosi zona efektyviai ir patikimai apsaugo kėbulą nuo didelių pažeidimų įvykus avarijai, ji pirmiausia deformuojama ir slopina smūgį. Avarijų metu patiriami dideli nuostoliai atsiranda ir dėl ilgalaikių transporto prastovų. Smulkių ir vidutinių kėbulo gedimų vis daugėja ir tai verčia reorganizuoti remonto darbus, juos pradėti nedelsiant ir atlikti greitai. Nepaisant smulkių šiuolaikinių automobilių skirtumų, jų konstrukcija iš principo yra vienoda. Tačiau konstruojant priekinę automobilio dalį susiduriama su prieštariniais dalykais.

2. Tyrimų tikslas ir objektas

Priekinėje automobilio dalyje dažniausiai yra priekinė ašis ir variklis, todėl ji visada turi būti standi ir stabili.

Be to, smūgio metu būtent ši automobilio dalis prima ir nuslopina didžiausią deformacijos energiją.

Taigi stabilizuojančiai veikiantis priekinio lonžerono statramstis neturi toliau perduoti smūgio jėgos. Deformacija turi baigtis nepasiekusi priekinės ašies ir variklio tvirtinimo taškų. Kad nuslopintų dideles jėgas, konstrukcija turi būti tokia, kad variklis galėtų pasislinkti apsaugodamas kėbulą. Priekiniai lankstiniai statramsčiai turi kuo ilgiau išlikti pirminėje padėtyje tam, kad būtų galima atidaryti duris ir jos neužstrigtų. Jeigu priekinis lonžeronas visas bus standus, smūgio jėga sukels visos konstrukcijos nekontroliuojamą deformaciją iki pat priekinės dalies grindų. Jeigu lonžeronas bus su daug kartų sulenktomis laikančiosiomis dalimis, smūgio jėgą susidūrimo metu slopins nuoseklus rėmo linkimas. Priežastis – mažas pasipriešinimo momentas. Tai reiškia, kad sąlygiškai silpno smūgio metu atsiras pažeidi-

mu, kurie giliai prasiskverbs į struktūrą. Kitas variantas, kai susidūrimo metu smūgio energiją prieš pagrindinį lonžeroną priima amortizatorius, po to deformacinis elementas (smūgio dėžė). Tuomet pažeidimai atsiranda tik lonžerono galuose ir remontuojami nedemontruojant variklio ir ašies.

Dominuojančią energiją absorbuoja automobilio priekinės dalies detalė, t. y. variklio lonžeronas. Firma „Porsche“ [1] energijos balanso metodu nustatė, kad priekinio smūgio metu, kai važiuojama 50 km/h, kinetinė energija pasiskirsto taip: 79% tenka priekinei daliai; 12% – varikliui; 9% – priekiniam skydui. Priekinėje dalyje energija pasiskirsto taip: 72% tenka lonžeronui; 23% – ratų nišai; 5% – sparnams.

Dvi pagrindinės automobilio deformacijos smūgio metu yra linkimas ir glamžymasis. Prie variklio lonžerono ratų privirintos nišos gali trukdyti linkimui, bet vargu ar padės išvengti suglamžymo. Suglamžymo metu galimas daug didesnis energijos priėmimas. Eksperimentai rodo [2], kad susidūrusių automobilių greitis mieste būna nuo 20 km/h iki 30 km/h. Kai avarija įvyksta važiuojant tokiu greičiu, visa smūgio energija persiskirsto pirmajame variklio lonžerono trečdalyje, t. y. iki variklio pakabos. Tuomet laikoma, kad automobilis turi geras deformacijos charakteristikas. Labai standžiam variklio lonžeronui suteikiama tokia forma, kad glamžytusi priekinė lonžerono dalis. 1 pav. pavaizduotas automobilio „Volkswagen-Golf IV“ lonžeronas prieš ir po deformacijos.



1 pav. Automobilio „Volkswagen-Golf IV“ lonžerono deformacija: prieš deformaciją (viršuje), po deformacijos (apačioje)

Fig 1. Crumple of beam in determined borders

„Volkswagen-Golf IV“ besiglamžanti dalis gaminama iš plonesnio metalo, o arčiau kėbulo esančiai daliai pagaminti naudojamas storesnis metalas negu vidurinei daliai. Visi trys elementai suvirinami lazeriu.

Esamos lonžerono gamybos technologijos neleidžia šimtu procentų prognozuoti, kaip lonžeronas deformuosis susidūrimo metu. Žinoma daug atvejų, kai gerai apskaičiuotas glemžimui lonžeronas praktikoje atsiskyrė nuo kėbulo suvirinimo taškuose, t. y. neatliko savo funkcijų. Šias konstrukcijas skaičiuojant labai svarbios pradinės sprendimo sąlygos.

3. Lonžerono skaičiavimo metodika

Mūsų darbe pateiktas sprendimo būdas gali būti panaudotas kaip pagrindas baigtinių elementų skaičiavimams, nes baigtinių elementų metodas leidžia konstrukciją vertinti ne kaip ištisinę (kaip mūsų pavyzdyje), o kaip susidedančią iš daugelio elementų, sąveikaujančių tarpusavyje ir turinčių skirtingas atsparumo charakteristikas. Laikome, kad priekinė lonžerono dalis sulenkiama ir suglamžoma plastinės deformacijos ribose per visą skerspjūvio plotą. Lazerinis suvirinimas realų lonžerono deformavimosi pobūdį smūgio metu labai priartina prie teoriškai apskaičiuoto. 2 pav. pateikta lonžerono schema.

Remiantis plastinės deformacijos teorija galima apskaičiuoti lonžerono išlyginimo jėgą ir jos kryptį [3–7].

Kai plastinis deformavimas apima visą sijos skerspjūvį, visoje jo tempiamojoje dalyje įtempimai $\sigma = \sigma_{pl}$, visoje gniuždomojoje $\sigma = -\sigma_{pl}$, todėl šiame skerspjūvyje veikiantis lenkimo momentas [3]:

$$M_{pl} = \sigma_{pl} \cdot (S_t - S_c);$$

M_{pl} – ribinis lenkimo momentas (veikiantis vadinamajame plastiniame lankste), Nm; σ_{pl} – plastinės deformacijos įtempimai, Pa.

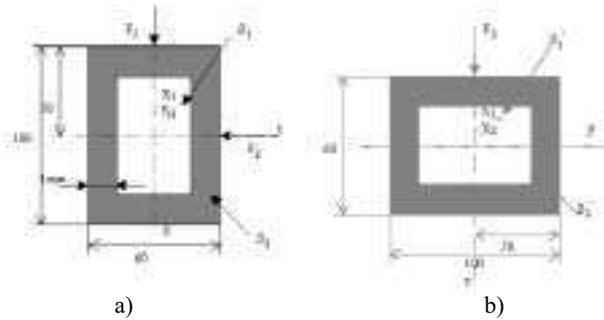
3 pav. pateikta lonžerono skerspjūvio schema.



2 pav. Lonžerono schema:

F_x, F_y, F_z – lonžerono išlyginimo jėgos

Fig 2. Beam scheme: F_x, F_y, F_z – beam restoration forces



3 pav. a) Lonžerono pjūvis F_y jėgai nustatyti, b) Lonžerono pjūvis F_x jėgai nustatyti (pasuktas)

Fig 3. a) Beam section for finding F_y force, b) Beam section for finding F_x force (rotated)

S_t ir S_c – tempiamosios ir gniuždomosios skerspjūvio dalies statiniai momentai neutraliosios linijos atžvilgiu, mm^3 .

Kai neutralioji linija yra skerspjūvio simetrijos ašis, tada $S_t = -S_c = S_{\max}$ (pusės skerspjūvio statinis momentas).

$$M_{pl} = \sigma_{pl} \cdot 2 \cdot S_{\max},$$

$$S_{mzx} = S_1 - S_2,$$

$$S_1 = A_1 \cdot y_{c1},$$

A_1 – išorinis lonžerono plotas, mm^2 ; y_{c1} – atstumas nuo ašies iki centro, mm; S – pusės skerspjūvio ploto statinio momento x ašies atžvilgiu absoliutinis didumas, mm^3 .

4. Lonžerono išlyginimo jėgų apskaičiavimas

$$S_1 = 50 \cdot 60 \cdot 25 = 75\,000 \text{ mm}^3,$$

$$S_2 = A_2 \cdot y_{c2},$$

A_2 – vidinis lonžerono plotas, mm^2 ; y_{c2} – atstumas nuo ašies iki centro, mm.

$$S_2 = 49 \cdot 58 \cdot 24,5 = 69\,629 \text{ mm}^3.$$

$$S = 75\,000 - 69\,629 = 5371 \text{ mm}^3.$$

$$M_{pl} = 200 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 5371 \cdot 10^{-9} = 2148 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

$$F_Y = \frac{M_{pl}}{l},$$

F_Y – lonžerono išlyginimo jėga, N; l – lonžerono ilgis, m.

$$F_Y = \frac{2148}{0,75} = 2864 \text{ N},$$

$$S_1 = A_1 \cdot y_{c1},$$

A_1 – išorinis plotas, mm^2 ; y_{c1} – atstumas nuo ašies iki centro, mm .

$$S_1 = 30 \cdot 100 \cdot 15 = 45000 \text{ mm}^3.$$

$$S_2 = A_2 \cdot y_{c2};$$

A_2 – vidinis plotas, mm^2 ; y_{c2} – atstumas nuo ašies iki centro, mm .

$$S_2 = 29 \cdot 98 \cdot 14,5 = 41209 \text{ mm}^3.$$

$$S = S_1 - S_2,$$

$$S = 45000 - 41209 = 3791 \text{ mm}^3.$$

Ribinis lenkimo momentas:

$$M_{pl} = \sigma_{pl} \cdot (S_t - S_c) = \sigma_{pl} \cdot 2 \cdot S,$$

σ_{pl} – plastinės deformacijos įtempimai, Pa; S – pusės skerspjūvio ploto statinio momento x ašies atžvilgiu absoliutinis didumas, mm^3 .

$$M_{pl} = 200 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 3791 \cdot 10^{-9} = 1516 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

$$F_X = \frac{M_{\max}}{l},$$

$$F_X = \frac{1516}{0,75} = 2022 \text{ N}.$$

Lonžerono skerspjūvio plotas:

$$A = A_1 - A_2,$$

A_1 – išorinis skerspjūvio plotas, mm^2 ; A_2 – vidinis skerspjūvio plotas, mm^2 .

$$A = 100 \cdot 60 - 98 \cdot 58 = 316 \text{ mm}^2.$$

Tempimo jėga:

$$F_{pl} = \sigma_{pl} \cdot A,$$

A – lonžerono skerspjūvio plotas, mm^2 ; σ_{pl} – plastinės deformacijos įtempimai, Pa.

$$F_Z = 200 \cdot 10^6 \cdot 316 \cdot 10^{-6} = 63200 \text{ N}.$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2},$$

$$F = \sqrt{2022^2 + 2864^2 + 63200^2} = 63297 \text{ N},$$

$F_{x,y,z}$ – pradinė jėga, kuriai veikiant ašies kryptimi prasideda plastinė deformacija. 4 pav. pateikta lonžerono

išlyginimo jėgos veikimo krypties schema.

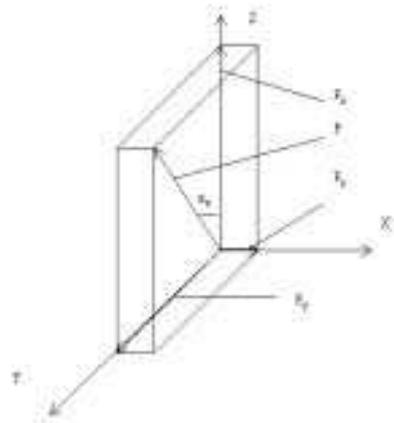
$$\text{tg} \alpha_z = \frac{F_z}{\sqrt{F_y^2 + F_x^2}}.$$

5. Automobilių priekinės dalies deformacijos ir jos išlyginimo problemų apibendrinimas

Automobilių kėbulų priekinės dalies susidūrimų metu gaunamą energiją racionalu slopinti taip, kad būtų mažiausiai išlaidų remontuojant kėbulą [1, 2, 8, 9]. Šiuo metu perspektyviausia pagrindinės smūgio energiją sugeriančios detalės konstrukcija – standi iki 2/3 lonžerono ilgio su amortizuojančia (energiją sugeriančia) priekine dalimi, sudarančia 1/3 lonžerono ilgio.

Laikėme, jog lonžerono dalis buvo sulenkta plastinės deformacijos ribose. Šis skaičiavimo būdas gali būti naudojamas ne tik lonžerono išlyginimui apskaičiuoti, bet ir kitoms plastinės deformacijos ribose sulenktais detalėms išlyginti.

Šį sprendimo būdą pritaikę baigtinių elementų skaičiavimams, galime gana tiksliai apskaičiuoti tempimo jėgas, įvertinti reikalingus įrenginius, galią, kartu ir remonto sąnaudas. Be to, jis kartu su baigtinių elementų metodu gali būti taikomas kaip pagrindas remonto technologijai sukurti, apskaičiuojant saugias priekinės dalies konstrukcijas.



4 pav. Jėgos kampo nustatymo schema: F_z – suglamžyto lonžerono išlyginimo tempiant jėga; F_x – sulenkto lonžerono išlyginimo jėga horizontalia kryptimi; F_y – sulenkto lonžerono išlyginimo jėga vertikalia kryptimi; F – atstojamoji jėga; α_z – atstojamosios jėgos kampas

Fig 4. Scheme of force angle fixing: F_z – rectoration pull force of crumpling beam; F_x – rectoration force of bending beam in horizontal plane; F_y – rectoration force of bending beam in vertical plane; F – summary force; α_z – angle of summary force

Vertinant remonto kokybę reikėtų atsižvelgti į tai, kaip suremontuoto lonžerono savybės atitinka gamykloje pagamintos naujos detalės savybės.

Taikant baigtinių elementų skaičiavimo metodą galima parengti kompiuterinę programą kompiuterizuotam kėbulo išlyginimui. Operatorius įvestų galines lonžerono taškų koordinates bei automobilio modelį, o mašina apskaičiuotų tempimui reikalingą jėgą, veikimo kampą ir tempimo trukmę.

Galime tikėtis, kad ateityje bus sukurti automatizuoti tempimo stendai, kurie leis gerokai sumažinti remonto sąnaudas.

6. Išvados

1. Pateikta automobilio deformuoto lonžerono išlyginimo jėgos F skaičiavimo metodika ir apskaičiuotos konkrečios jėgų reikšmės.

2. Šią skaičiavimo metodiką pritaikius kaip pagrindą baigtinių elementų skaičiavimams, galima gana tiksliai apskaičiuoti tempimo jėgas, parinkti reikalingus įrenginius ir įvertinti remonto sąnaudas.

Literatūra

1. С. В. Андрушевич. Кузовной ремонт легковых автомобилей. М.: Автостиль, 1998. 272 с.
2. В. П. Залуга, В. Я. Буйленко. Пассивная безопасность автомобильной дороги. М.: Транспорт, 1987. 189 с.
3. А. Čižas. Medžiagų atsparumas. Konstrukcijų elementų mechanika. V.: Technika, 1993. 408 p.
4. А. Čižas. Aiškinamasis medžiagų atsparumo uždavimynas. V.: TEV, 2000. 296 p.
5. Ю. А. Окопный. Механика материалов и конструкций. Справочник // Инженерный журнал, № 1, 2000, с. 54–58.
6. Ю. А. Окопный. Механика материалов и конструкций. Справочник // Инженерный журнал, № 2, 2000, с. 41–50 с.
7. Ю. А. Окопный. Механика материалов и конструкций. Справочник // Инженерный журнал, № 3, 2000, с. 56–61.
8. М. Даннер. Ремонт кузова после аварии. Современные материалы, оборудование, технология. Вена: Манц, 1993. 280 с.
9. Б. В. Кислюк и др. Автомобили ВАЗ: ремонт после аварий. Справочник. Л.: Машиностроение, 1989. 333 с.

Įteikta 2000 11 11

THE RESTORATION OF AN AUTOMOBILE DEFORMED SIDE MEMBER

K. Lukoševičius, V. Žarnovskij

Summary

The problems of deformation of a forward part of bodies of cars are analysed during failures. The basic attention is given to beam deformation and its restoration. The basic forms of deformation of the automobile during collision are a bend and crumple. It is accepted that the forward beam part is bent and crumpled within the limits of plastic deformation on all the area of cross section. Based on the theory of plastic deformation the force of beam restoration is calculated.

During collision received by a forward part of a body of the automobile the energy is rational for suppressing so the expenses on restoration were the least. Now the most perspective design of the basic detail absorbs the energy of impact up to 2/3 lengths of beam with damping (absorbing energy) forward part making 1/3 lengths beam.

Using the account by a method of final elements it is possible to create computing program for the restoration of a body. In this case the operator will enter final coordinates of beam points and model of the automobile and the machine will calculate the force necessary for the stretching the corner of action and time of a stretching. In future it is possible to hope that the automatic stands for stretching will be created which will allow considerably to lower the charges spent on repair

KĘSTUTIS LUKOŠEVIČIUS

Doctor, Associate Professor, Department of Automobile Transport, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), J. Basanavičiaus g. 28, LT–2009 Vilnius, Lithuania. E-mail: vaidas@ti.vtu.lt, e-mail: giedr@ti.vtu.lt

Publications: author of 74 scientific publications. Doctor of Technical Sciences (Automobile Transport), 1993. First degree in mechanical engineering, Kaunas University, 1949.

Research interests: reliability of transport machines, improvement of production and repairing technologies, ecology of transport.

VLADISLAV ŽARNOVSKIJ

Magistral student, Department of Automobile Transport, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), J. Basanavičiaus g. 28, LT–2009 Vilnius, Lithuania. E-mail: VZARNOVSKIJ@delfi.lt

Bachelor of Technical Sciences (Automobile Transport), VGTU, 1999.

Research interests: transport engineering, automobiles deformation, deformation mechanics.