

(12) PARAIŠKOS APRAŠYMAS

(21) Paraiškos numeris: 2024 007

(22) Paraiškos padavimo
data: 2024-03-04

(41) Paraiškos
paskelbimo data: 2024-11-11

(71) Pareiškėjas:

VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT

(72) Išradėjas:

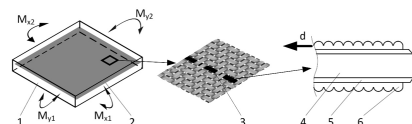
Vytautas BUČINSKAS, LT
Jūratė Jolanta PETRONIENĖ, LT
Andrius DZEDZICKIS, LT

(54) Pavadinimas:

Kompozitinių medžiagų sukaupto nuovargio nustatymo sistema ir būdas

(57) Referatas:

Išradimas skirtas kompozitinių ir polimerinių detalių sukaupto nuovargio lygiui (struktūros entropijai) stebėti ir įvertinti, naudojant triboelektriniu efektu pagrįsto jutiklio (2) ar jų masyvo duomenis, kurie po to kaupiami ir apdorojami mikroprocesoriuje (9) ar atskirame kompiuteryje (13). Duomenų kaupimo ir apdorojimo sistema turi mikroprocesorių (11) su atminties įrenginiu (12), kuriame kaupiamas santykinis nuovargio įvertis, kaip apkrovos sukeltos deformacijos integralinis parametras, atspindintis tiriamojo kompozitinio elemento nuovargio lygį. Šis išradimas nustato kompozitinės medžiagos ar struktūros sukaupą nuovargio lygį pagal jo sukaupą deformacijos energiją jutiklio ar jutiklių masyvo vietose, netiriant individualiai atsiradusių medžiagos defektų. Tokiais defektais laikomi koncentruoti ar paskirstyti medžiagos tūryje įtrūkimai, formuojantys nuovargio trūkimų židinius. Siūlomas techninis sprendimas apima triboelektrinį jutiklį (2) ar jų masyvą, suformuojamą kompozito kūne (1), o jų signalas perduodamas jungiamaisiais laidais mikroprocesoriui (9) ar atskiram kompiuteriui (13). Jutiklio signalas – jutiklio įtampa priklauso nuo deformacijos poslinkių sukaupto kelio per tiriamąjį laikotarpį. Ši įtampa fiksuojama signalo normavimo-stiprinimo grandinėje (7) ir kalibruotos iškrovos grandinėje (8) bei perduodama mikroprocesoriaus kompleksą (9), kuriame duomenys integruojami ir saugomi tolimesniam naudojimui.



Pav. 1

KOMPOZITINIŲ MEDŽIAGŲ SUKAUPTO NUOVARGIO NUSTATYMO SISTEMA IR BŪDAS

1. TECHNIKOS SRITIS, kuriai skiriamas išradimas

Išradimas skirtas kompozitinių ir polimerinių detalių sukaupito nuovargio lygiui (struktūros entropijai) stebėti ir įvertinti. Šiam tikslui atlikti naudojama sistema, kurioje yra triboelektrinis jutiklis, perduodantis duomenis signalo apdorojimo grandinei, iš kurios signalas perduodamas mikroprocesoriui arba atskiram kompiuteriui. Duomenų kaupimo ir apdorojimo sistema turi mikroprocesorių su atminties įrenginiu, kuriame kaupiamas santykinis nuovargio įvertis, kaip apkrovos sukeltos deformacijos integralinis parametras, išreiškiamas bemale entropijos reikšme.

Kompozitinių medžiagų nuovargio reiškinys pasireiškia kompleksiniu senėjimo procesu, ypač suaktyvėjančiu dėl ciklinės apkrovos bei cheminio medžiagos irimo. Medžiagos nuovargis pasireiškia atsirandančiais mažais struktūros defektais – įtrūkiams, kompozito matricos ir dervos dezintegracija ir atsisluoksniavimu. Ši defektų sanakaupa ir sukelia kompozito degradaciją. Defektų atsiradimas objektuose, pagamintuose iš kompozitinių ir polimerinių medžiagų sukelia pavojingas situacijas naudojant tokius objektus, jie gali suirti, prarasti stiprumą, standumą ar formos stabilumą. Atsakinguose komponentuose šie defektai gali kelti milžinišką žalą žmogaus gyvybei ar infrastruktūrai.

Medžiagos nuovargio lygis įvairiose struktūros stebimas ir registruojamas naudojant įvairius tiesioginius ir netiesioginius metodus. Kai kuriuose techniniuose įrenginiuose, ypač aviacijoje, įrenginio nuovargis laikomas kritiniu po tam tikro eksploatacijos laiko (skrydžio valandų, įrenginio darbo valandų ir pan.). Tokia situacija atsiranda dėl to, kad senėjimo ir degradacijos procesas yra kompleksinis ir jo lygis nustatomas sudėtingai ir dažniausiai netiesiogiai.

Šis išradimas skirtas nuosekliam sukaupito nuovargio lygio stebėjimui taikant instrumentinius metodus, kai vertinamas likutinis sistemos stiprumas pagal likutinį medžiagos resursą, medžiagos resurso įvertinimą atliekant pagal poslinkių atlikto mechaninio darbo kiekį, išreikštą baudos funkcija. Tokia sistema leistų netiesiogiai įvertinti subtilius medžiagos ar kompozito struktūros pokyčius, kai pakinta medžiagos parametrai, tokie kaip atsparumas drėgmei, įsielektrinimo savybės, medžiagos atstojamasis tamprumas ar plastiškumas, pradinės konstrukcijos formos nuokrypis dėl mechaninių mikroskopinių pažeidimų, atsiradusių darbo metu.

Išradimas skirtas medžiagos ar kompozitinio komponento likutinio resurso nustatymui ir komponento darbingumo stebėsenai.

2. Technikos lygis

Patente **US7924031 B2** (Health monitoring method for composite materials) pateikiamas metodas kompozito būklei ir jam skirtas jutiklis senėjimo lygiui stebėti, t. y. atliekama struktūros stebėseną iki pavojingo resurso ribos. Patente pateikiamas kompozito būsenos stebėjimo metodas, kai apie galimą mechaninį gedimą pranešama iš anksto. Pateikiamas metodas padeda aptikti cheminį ir fizinį kompozito senėjimą ankstyvoje stadijoje, bei jo vientisumo stebėjimo metodą dėl mechaninių pažeidimų. Kompozito medžiagoje suformuojamas jutiklis naudojant elektrai laidžias daleles disperguotas polimerinėje matricoje. Jutiklis yra sujungtas ar kaip nors kitaip suformuojamas ant polimerinės matricos paviršiaus. Dėl amžiaus atsiradęs jutiklio susitraukimas lemia matuojamos varžos sumažėjimą. Išmatuotos jutiklio varžos koreliacija su duomenimis iš kitų pasenusių egzempliorių leidžia netiesiogiai nustatyti atsiradus mechaninius pažeidimus ir numatyti kompozitui likusį naudojimą tinkamą amžių. Minėtas išradimas susijęs su medžiagos sveikatos stebėjimu, ypač su polimerinių kompozitų kokybės stebėjimu, naudojant elektrai laidų kompozito amžiaus stebėsenos jutiklį.

Jutiklio varža lengvai išmatuojama, apskaičiuojama jutiklio savitoji varža yra lyginama su naudotų bandinių varža ir koreliuojama komponento būklei įvertinti. Laidus kompozito pagrindu pagamintas jutiklis savo sudėtyje turintis laidžias mikrodaleles rodytų varžos sumažėjimą dėl matricos susitraukimo. Tinkamiausiuose

šios idėjos įgyvendinimo variantuose jutiklio matricai naudojamas polimeras dažniausiai panašus kaip ir kompozito komponentas. Jutiklis gali būti prijungtas prie komutatoriaus paviršiaus arba būti integruotas kaip atskiras regionas, pvz. juosta pritvirtinta prie vidaus komponento. Jutiklio varža gali būti matuojama plataus diapazono varžos matavimo įrenginiu. Tinkamiausiuose variantuose laidžios dalelės papildančios kompozitą parenkamos tokios, kad būtų chemiškai inertiškos matricai. Kaip elektrai laidžios dalelės minima anglies, metalų ir jų oksidų dalelės. Šiame patente yra pateikta varžos logaritminių reikšmių sąsaja su laidžių dalelių koncentracija matricoje. Prietaisas realizuotas taikant belaidžio radijo ryšio sistemą kai į polimerinę juostelę sumontuotas atpažinimo prietaisas, kuris sujungtas su būklės vertinimo jutikliu. Antena leidžia komunikuoti su jutiklio dalimi su elektrodų rinkiniu bei duomenų skaitytuvu ir yra uždengti pagalbine juosta. Tinkamiausiuose variantuose jutiklis maitinamas radijo dažnio energija ir sujungtas su skaitytuvu kur yra nustatytas amžiaus slenkstis, tai pasyvus lustas su įjungimo/išjungimo įėjimu. Sugedus lustui sistema pateikia klaidos identifikavimo kodą. Jutikliui praradus sandarumą, nuskaitymo sistema suformuoja klaidos kodą. Antena numatyta įrenginio maitinimui ir ryšiui su skaitytuvu.

Nežiūrint, kad šiame patente yra ne tik jutiklis senėjimo procesams stebėti bet ir kontrolinis įrenginys šių stebėjimą užtikrinančių medžiagų kokybės kitimo kontrolės mechanizmas, jis taip pat turi tam tikrų trūkumų. Tai duomenų perdavimo iškraipymas ir tikėtinas jautrumas elektromagnetinio aplinkos lauko pokyčiams, gal jautrumas didelių perdavimo antenų buvimui.

Tokie duomenys kaip savitoji varža ir matavimai dėl pagreitinio senėjimo atskleisti paraiškoje **PCT/US03/06844**.

Patente **US 8237433B2** aprašyti įtempių ir kitų medžiagų savybių stebėjimo metodai kuriuose naudojami elektrinių savybių matavimai. Šis metodas tinkamas tokiems medžiagos degradacijos mechanizms, kaip temperatūrinis trapumas, šliaužimas ir panašūs mažinantys medžiagų funkcinį elgesį. Magnetinio lauko ar indukcinės srovės magnetovaržiniai jutikliai naudotini įmagnetintoms dielektrinėms medžiagoms stebėti. Patente pateikti jutikliai gali sumažinti gaminių svorį. Šiame išradime charakterizuojama medžiagos degradacijos dėl amžiaus vertinimas, tūrio charakteristikos, išlenktų dalių ar plokščių komponentų vertinimas taikant magnetinį lauką arba sūkurinių srovių jutiklius. Patente sukurtas įrenginys skirtas įvertinti plastines deformacijas, apkrovos ar įtempio likučio įvertinimas, su apdorojimu susijusių sąlygų įvertinimas (pvz dėl šlifavimo, valcavimo, terminio apdorojimo. Apima medžiagos charakteristikas: lydinio tipas, temperatūra, poringumas. Paviršiaus apibūdinimas apima paviršiaus matavimus: šiurkštumas, poslinkis, dangos būklė, elektromagnetinių savybių pokyčių matavimai susiję su mikrostruktūros kompoziciniais kitimais, elektroninės ar magnetinės struktūros pasikeitimų, įtrūkimų, įtempių pasiskirstymas. Įrenginys skirtas aptikti ankstyvą nuovargį. Gali būti taikomas lėktuvo važiuoklės komponentams. Patente naudoti sūkuriniai srovių jutikliai skirti liekamiesiems įtempiams įvertinti. Yra apribojimų dėl sudėtingos geometrijos kai kurių komponentų.

Trūkumai: Sūkurinių srovių jutikliai naudojami tiriant arti medžiagos paviršiaus atsirandančius pokyčius, tačiau tyrimo galimybės ribotos ištirti pokyčius giliai medžiagoje. Ultragarsu metodai veiksmingi matuojant gilius pokyčius medžiagoje, tačiau jautrumas šalia paviršiaus yra ribotas dėl geometrinių savybių ir oro tarpų.

Patentas **CN105158256B** (A kind of online health monitor method of composite)

Savitas kompozito senėjimo stebėjimo internete metodas. Kompozito internetinio sveikatos stebėjimo metodas, susideda iš parinktos optinio pluošto gardelės, esančios kiekviename stebimame kompozitinio gaminio fragmente. Skaidulinių tinkleliui parinkamos pluošto tinklelio parametrai, tinkami kompozito temperatūrai matuoti. Formuojant kompozitą skaidulinės gardelės klojamos pagal tam tikrus tarpus kurių reikia kompozite. Optiniam pluoštui įterpti į kompozitą sudaromos optinių skaidulų tinklelis.

Įprastinių kompozitinių medžiagų būklės stebėjimas dažniausiai atliekamas naudojant neardomuosius metodus, tokius kaip ultragarsiniai metodai, rentgenas, paviršiaus bangų, lazerio hologramos ir kitus. Ilgalais stebėjimas internete yra sudėtingas, todėl likęs tarnavimo laikas ir kompozito saugumas apskaičiuojamas naudojant teorinius ar jau sukaupus eksperimentinius duomenis. Šiam metodui panaudoti reikalingos internetinės monitoringo sistemos.

Trūkumai: Šio patento pateiktu įrenginiu deformacijas kompozito galima stebėti tinkle, tačiau šis įrenginys pats gali būti pažeistas žaibo, krušos, o matavimai yra sudėtingi dėl elektromagnetinių trikdžių ir trumpo tarnavimo laiko. Atsižvelgiant kad pažeidimai gali būti įvairūs, įtempimai gali labai greitai pasiketi ribines reikšmes.

Danijos patente **DK/EP 2866596T3**, aprašomas įtaisas sudarytas iš elastingos laidžios juostos, laidaus nešiklio įtaiso ir audinio. Laikantis elementas yra audinys susidedantis iš laidžių ir nelaidžių pluoštų. Liečiasi su laikiklio bato apvalintu galu bei yra sujungtas su nelanksčiu elektriniu komponentu. Įrenginys turi pultą prijungtą laidžiais klizais prie audinio. Suformuotas fluoro-silikono gumos sluoksnį su elektrai laidžia medžiaga ir integruotas į audinį. Gaminys sukurtas šilkografijos metodu. Kietėjanti kambario temperatūroje silikoninė guma su elektrai laidžia medžiaga iš anglies pluošto, nikeliu dengto grafito, vario ir jų mišiniai. Tinkamas montuoti į drabužius. Pritaikytas gauti fiziologinius signalus per sąlytį su drabužių dėvinčio asmens oda. Savitumas: laidus sluoksnis turi angų užpildytą silikonine guma. Skirtas rinkti saugoti, apdoroti perduoti signalą.

JAV patente **US10605783 B2** "System and method for progressive damage monitoring and failure event prediction in a composite structure" aprašoma sistema, skirta stebėti atsiradusios žalos progresavimą kompozite kai konstrukciją sudaro apkrovos jutiklis, akustinės emisijos jutikliai, kamera ir stebėsenos įrenginys. Apkrovos jutiklis matuoja konstrukcijos patiriamą apkrovą. Jutikliai matuoja akustinės emisijos duomenis ir parodo galimą žalą struktūrai. Kamera fiksuoja vaizdo duomenis tam tikroje elektromagnetinio spektro dalyje. Stebėsenos įrenginys veikia pagal metodą kai sinchroniškai renkami akustinės emisijos ir vaizdo duomenys kai taikoma apkrova. Prietaisas automatiškai susieja akustinius ir vaizdo duomenis kad būtų galima įvertinti žalos progresavimą. Defektas stebimoje gaminio dalyje, defekto progresavimas prognozuojamas susiejant duomenis, be to valdymo veiksmas gali būti atliktas numatant galimą žalą. Pateiktas išradimas skirtas dideliems plotams stebėti, defektų progreso stebėsenai įskaitant tokias detales kaip plokštės, sparnai, durys, skrydžio kontrolės paviršiai, kiti gaminiai kuriuos veikia variklių vibracija, vėjas ir jo pasipriešinimo jėga ar sukimas. Akustinės emisijos jutikliai sumontuoti kompozito struktūroje, kontroliuojami kelių kompiuterių. Pateikiamas programuojamas įrenginys, skirtas stebėti kompozito paviršiaus kokybę. Kokybiško kompozito struktūra nesukuria akustinio signalo, tuo tarpu kai pažeista struktūra generuoja garsinius signalus, kurių stiprumas didėja gausėjant defektams. Kadangi kiekvieno jutiklio įmontavimo vieta žinoma labai tiksliai, bet koks garsinio signalo, ateinančio į duomenų fiksavimo įrenginį, pokytis, gali tiksliai nurodyti pažeidimo vietą. Svarbiausias pasiekimas pateikto metodo yra defektų pastebėjimas kai struktūra veikiama apkrovos derinant stebėjimą su kamera infraraudonų spindulių ir matomoje spektro dalyje. Jutiklių signalų energijos lygis vaizduojamas grafiškai.

JAV patente **US2021404844 A1** pateikta triboelektrinė kontrolės sistema. Tinklelio pavidalo jutiklis yra artimas audimo principu suformuotam jutikliui, tačiau judesyje tinklelis gali patirti nuovargį, gali būti iš dalie nutrūkę tokio tinklelio atskiri segmentai, kas įtakos srovės perdavimo pokyčius ir kels patikimumo klausimą praėjus tam tikram eksploatacijos laikui. Indukcinis potencialo generavimas yra šio patento privalumas. Nėra aišku kaip toks gaminys atlaikytų slėgio pokyčius, atliktų kokybišką monitoringą esant kelių dešimčių laipsnių temperatūrų pokyčiui. Triboelektrinis jutiklis su kontrolės sistema. Jutiklį sudaro unikalūs substratas, viena tinklelio konstrukcija, elektrodas triboelektriniam krūviui surinkti nuo slenkančio objekto per pagrindo paviršių. Dėvimas jutiklis su spaudimo ir lytėjimo funkcijomis sveikatos priežiūros ir žaidimams valdyti. Pagrindinė tokių jutiklių problema yra išorinio maitinimo šaltinio naudojimas. Tinklelio privalumas: daug pakeltų dalių kurios gali jungtis su daug priešingų elektrodų porų ir leidžia tiksliai išmatuoti nepertraukiamą elektrodų judėjimą kai substrato paviršiumi slysta objektas. TENG arba save aprūpinantis energija triboelektrinis nanogeneratorius mechaninę energiją paverčia elektros energija. Elektros signalas įrenginyje sukuriamas dėl bendro triboelektrinio ir elektrostatinio efekto. Šio įrenginio privalumas kitų panašių atžvilgiu yra galimybė išvengti sudėtingų elektrinių grandinių naudojimo.

JAV Patente **US9790928 B2** (Triboelectric generators and sensors) aprašoma sistema, kurią sudaro maitinimo grandinė, triboelektrinis generatorius, įkraunamas energijos kaupiklis ir galios valdymo grandinė. Elektrinė grandinė skirta gauti srovę iš triboelektrinio generatoriaus ir tiekti srovę įkrovimo baterijai. Pjezoelektriniai

nanogeneratoriai nedidelę mechaninę energijos dalį paverčia elektros energija. Siūlomas sprendimas reikalauja minimalios priežiūros ir išlaidų utilizacijai.

Trūkumai. Tokiame tribogeneratoriuje reikalinga išorinė spaudimo jėga, kadangi natūraliai dylantis triboelektrinis sluoksnis po tam tikro laiko tampa neveiksmingas. Toks generatorius netinka montavimui į kompozitą.

KLR Patente **CN09586608B** „Flexible stretchable single-electrode friction nano generator and preparation method thereof“ aprašomas ankstus tamprus vieno elektrodo trinties nanogeneratorius. Raukšlių formos trinties nanogeneratorius sudarytas iš trijų dalių, įskaitant nanoplaušto trinties medžiagos sluoksnį, lankstų elektrodo sluoksnį, elastinę medžiagą kaip laikantį pagrindą. Sluoksniai suformuoti nuosekliai, naudojant elektrostatinę verpimo technologiją, kai substratas iš anksto padengiamas laidžiu nanoslauksniu atliekant trumpą pakaitinimą. Skirtas žmogaus nešiojamai technikai aptarnauti. Gofruotas elastomero sluoksnis, gofruotas lankstaus elektrodo sluoksnis ir gofruotas nanoplauštas kaip trinties medžiagos sluoksnis. Aktyvus elektrodo sluoksnis yra grafenas, auksas, PEDOT:PSS. Ryžių pluošto trinties medžiagos sluoksnis yra polimerinė nanoplaušto medžiaga pasižyminti stipriu neigiamu krūviu, sukurta naudojant polivinilideno fluoridą ar poliamidą. Gautas triboelektrinis nanogeneratorius fizinio krūvio metu liečiasi su žmogaus kūnu ir veikia kaip jutiklis arba generatorius, naudojantis nedidelius žmogaus judesius elektros energijos gamybai. Žmogaus judėjimo parametrai nustatomi matuojant išėjimo elektrinį signalą. Išradimas priklauso nanoenergijos sričiai.

JAV patente **US10605783B2** (Sistema ir metodas kompozitų struktūrų progresinio irimo monitoringui bei išankstiniam suirimo nustatymui) aprašo metodą, skirtą kompozitams stebėti struktūros viduje jai esat apkrautai realiomis sąlygomis. Jame naudojami apkrovos jutikliai, kurie registruoja aktualią struktūros apkrovą, akustinės emisijos jutiklių matrica mikroįtrūkimų faktui ir pozicijai nustatyti ir naudojama speciali vaizdo kamera, dirbanti nustatytame elektromagnetinių bangų diapazone, kurios signalas ir akustinės emisijos jutiklių matricos signalas tuo pačiu laiko momentu apdorojamas signalo duomenų suliejimo ir apdorojimo sistemoje. Duomenų apdorojimo sistema analizuoja gautą signalą ir aptikus naujus irimo židinius arba egzistuojančių įtrūkimų didėjimą realiu laiku signalizuoja apie pavojingą struktūros apkrovimą bei jos tinkamumą toliau ją naudoti.

Ši sistema yra sudėtinga ir brangi, todėl gali būti naudojama tik išskirtiniuose objektuose bei apima tik ribotą struktūros tūrį. Iš kitos pusės, ji registruoja įtrūkimus tik paviršiaus sluoksnyje. Iš kitos pusės, sistema reikalauja didelio duomenų kiekio apdorojimo ir jos sistema teikia informaciją apie struktūros elgesį ją apkrovus, bet jos likutinio resurso nustatymas reikalauja specialaus surinktų duomenų apdorojimo sesijos.

Autorių siūlomas būdas ir įrenginys sprendžia kompozitinės medžiagos ar struktūros sukauptam defektų lygiui nustatyti pagal jo sukauptą deformacijos energiją, netiriant individualiai atsiradusių įtrūkimų. Toks likutinio struktūros resurso nustatymo būdas skirtas bendrai būsenai nustatyti, tuo tarpu JAV patente **US10605783B2** nurodyta sistema ir metodas skirtas atsiradusiems vietiniams defektams įvertinti. Siūlomas metodas gerokai paprastesnis ir pigesnis už JAV patente **US10605783B2** nurodytą techninį sprendimą.

3. Išradimo esmė ir naujumas

Kompozicinių ir polimerinių objektų tarnavimo laikas yra tiesiogiai neapibrėžiamas, tačiau struktūros savybių blogėjimas nuo apkrovimo ciklų skaičiaus yra apytiksliai žinomas. Savybių blogėjimas gali būti vaizduojamas standumo – apkrovimo ciklų diagrama, kuri pateikiama pav. 1. Tiesiogiai ciklų skaičius gali būti randamas ir naudojant deformacijos jutiklius, tačiau tuomet duomenų kiekis reikautų didelių skaičiuojamųjų resursų.

Siūlomas techninis sprendimas apima triboelektrinį jutiklį, suformuojamą kompozito kūne, o jungiamuosius laidus jo signalui pateikti išvedame į kompozito išorę. Jutiklio signalas – jutiklio įtampa priklauso nuo objekto struktūros atliekamų sukaupto judesių kiekio ir ji fiksuojama duomenų surinkimo ir apdorojimo grandinėje,

kurioje duomenys integruojami ir saugomi tolimesniam nuskaitymui. Tokiu būdu, kontrolinė sistema gali būti naudojama duomenų surinkimui bei kalibravimui, o surinkti duomenys gali būti naudojami kaip riba resurso duomenims palyginti. Duomenų apdorojimo sistema sudaryta iš analoginės dalies (stiprintuvo ir signalo kalibravimo grandinės) ir skaitmeninės dalies (analoginis – skaitmeninis keitiklis, ADC), mikroprocesorius su atmintine. Mikroprocesorius vykdo atitinkamą programą, kurios rezultatą saugo atmintinėje kaip paskutinę struktūros entropijos dydžio reikšmę. Duomenys iš atmintinės prieinami per laidinę ar bevielę sąsają su kompiuteriu, planšetiniu kompiuteriu ar mobiliuoju telefonu. Sukauptų entropijos reikšmių dydžiai kaupiami ir rodomi kaip grafikas, leidžiantis numatyti kritinį sistemos resursą ir imtis reglamentuotų priemonių.

4. Brėžinių aprašymas

Pav. 1 struktūros iš kompozitinės ar polimerinės medžiagos likutinio resurso stebėjimo sistema.

Pav. 2 pavaizduota sistemos pagal Pav. 1 loginė schema.

Pav. 3 pavaizduotas kompozitinės medžiagos kokybės blogėjimo proceso struktūrinė schema.

Pav.1 parodyta struktūra iš kompozitinės ar polimerinės medžiagos likutinio resurso stebėjimo sistema, kurią, sudaro kompozito struktūra 1, kurioje įtaisytas triboelektrinis jutiklis 2, kuris sudarytas iš kompozito matricos fragmento 3, sudaryto iš elektrai laidaus siūlo 4, triboelektriškai aktyvaus polimero sluoksnio 5 bei išorinis elektrodas 6. Apkrovus konstrukciją 1 išorine jėga, slėgiu ar sukimo momentu, joje atsiranda deformacijos, kurios sukelia paviršių trintį ir triboelektrinis jutiklis 2 sukuria elektrostatinę krūvį. Šis elektrinis krūvis toliau kaupiamas ir apdorojamas.

Pav. 2 parodyta nuovargio lygio nustatymo sistemos duomenų apdorojimo įranga. Ji sudaryta ir triboelektrinio jutiklio 2 su elektrai laidžiu siūlu 4, triboelektriškai aktyvaus polimero sluoksniu 5 ir išorinio elektrodo 6, sujungto su signalo normavimo-stiprinimo grandine 7, kalibruotos iškrovos grandine 8, duomenis apdorojančio mikroprocesoriaus komplekso 9, turinčio savyje analoginio-skaitmeninio signalo keitiklį 10, procesorių 11 ir atmintinę 12, perduodančio viena iš jungčių (laidinė – USB, Ethernet; belaidė – wi-fi, bluetooth) skaitmeniniai duomenų pateikties ir kaupimo įrangai 13 – personaliniam kompiuteriui, planšetiniam kompiuteriui ar mobiliam telefonui.

Pav. 3 parodyta kompozitinės medžiagos savybių kitimo charakteristika, kurios savybės naudojamos kompozito likutinės tarnavimo laiko vertės nustatymui. Ribos grafike žymi sistemos stiprumo nusistovėjimo pradžią bei tikėtiną tarnavimo amžių, po kurio sistemos garantuotos stiprumo ir stabilumo savybės nėra išlaikomos.

5. Detalus išradimo aprašymas

Sistema sudaryta iš triboelektrinio jutiklio (pav. 1 pozicijos 1-4), kuris dėl kompozitinės struktūros deformacijos sudaro judesį triboelektrinio jutiklio 2 viduje, tuo pačiu gamina statinę elektros krūvį, kuris patenka į signalo apdorojimo sistemą. Signalo apdorojimo sistema, kuri pateikiama pav. 2, sudaryta iš signalo normavimo-stiprinimo grandinės 7, kuri signalą parengia tolimesniam apdorojimui. Ši grandinės dalis riboja įtampos šuolius, kurie atsiranda dėl didesnių judesio amplitudžių bei deformacijos greičio. Sukauptą elektros energiją laikinai saugoma kalibruotos iškrovos grandinėje 8, tuo pačiu paversdama momentinę įtampos reikšmę kalibruotos iškrovos grandinėje 8 elektros srovės generavimo efektyvumu. kalibruotos iškrovos grandinės parametrai parenkami pagal sistemos aktyvumą bei virpesių dažnį. Iš kalibruotos iškrovos grandinės 8 įtampos signalas perduodamas mikroprocesoriui 9, kur signalo amplitudės reikšmės paverčiamos

skaitmeninėmis reikšmėmis analoginio - skaitmeninio signalo keitiklyje (ADC) 10, procesorius 11 sumuoja skaitmenines reikšmes atmintinėje 12. Procesorius 11 veikia naudodamas programą, kuri fiksuoja nustatytu laiko momentu surinktas atstojamosios įtampos reikšmes, padaugina jas iš mastelio koeficiento ir jas sumuoja. Ši suma yra sistemos būsenos entropijos išraiška, kuri sudaro sukauptos kompozito deformacijos reikšmę. Ši suma perduodama išoriniams įrenginiams 13, kuriuose entropijos reikšmė ir fiksuojama. Sistemos entropija įvertinama kaip baudos funkcija, kurios skaitinė reikšmė neturi fizinės prasmės, tačiau šios funkcijos reikšmės skirtingais laiko momentais rodo medžiagos nuovargį bei leidžia nustatyti kritinį likutinį resursą, kaip parodyta Pav. 3. Sistemos entropijos reikšmė gali būti lyginama su kitos sistemos reikšmėmis, todėl rodoma entropijos reikšmė atspindi sistemos vertę absoliutiniu dydžiu.

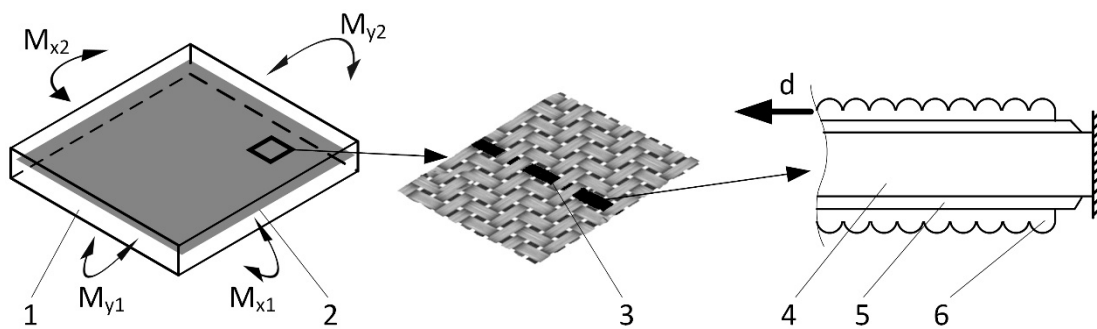
Visa sistema veikia, kai dėl apkrovų deformuojama kompozitinis struktūrinis elementas, kuriame sumontuotas jutiklis, deformuojasi, tuo pačiu sukurdamas statinį elektros krūvį triboelektriniame jutiklyje. Šis krūvis toliau perduodamas duomenų kaupimo ir apdorojimo grandinei (pav. 2), kuri suformuoja vidutinę įtampos reikšmę užduoti laiko intervalu, ši įtampa nuskaitoma iš kondensatoriaus su nuotėkio grandine 8. Analoginis signalas paverčiamas duomenimis mikroprocesoriaus komplekse 9 ir gauta reikšmė perduodama kompiuteriui tolimesnei analizei. Pagal entropijos kaupimo grafiką, pateiktą pav. 3, nustatoma sukaupta kompozitinio komponento nuovargio reikšmė bei tikėtinas jos likutinis resursas. Šis resursas yra sistemos veikimo rezultatas.

6. išradimo realizavimas

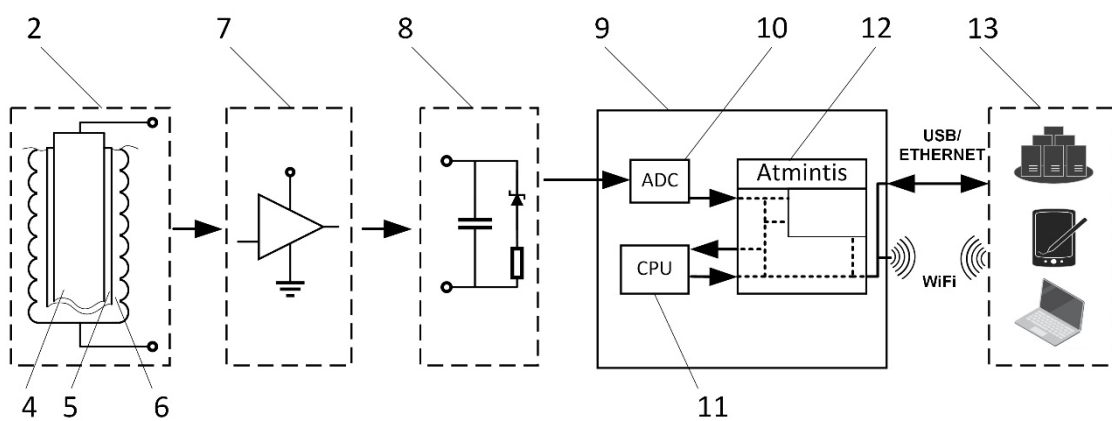
Išradimas realizuojamas įliejant ar įklijuojant jutiklį ar jutiklių sistemą kompozite jo gamybos metu. Jutiklių jungiamieji laidai išvedami iš medžiagos ir sujungiami su duomenų kaupimo ir apdorojimo įranga, kuri montuojama kompozitinio komponento išorėje. Visa ši sistema yra kompaktiška ir gali būti tiesiog klijuojama ar kitaip tvirtinama prie komponento ar nutolusiame konstrukcijos fragmente. Pavyzdžiui, aviacijoje ji gali būti klijuojama tiesiog prie neaktyvaus paviršiaus šalia tiriamojo kompozitinio komponento. Signalas nuo duomenų kaupimo ir perdavimo sistemos nuskaitomas periodiškai, tam naudojamas laidinis ar bevielis ryšys. Gautas rezultatas – medžiagoje sukauptos entropijos lygis padeda nustatyti medžiagos resurso likutį ir naudojamas priimant sprendimus apie tokio kompozitinio komponento tolimesnio naudojimo galimybę ir numatomą jo tarnavimo periodą.

7. IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

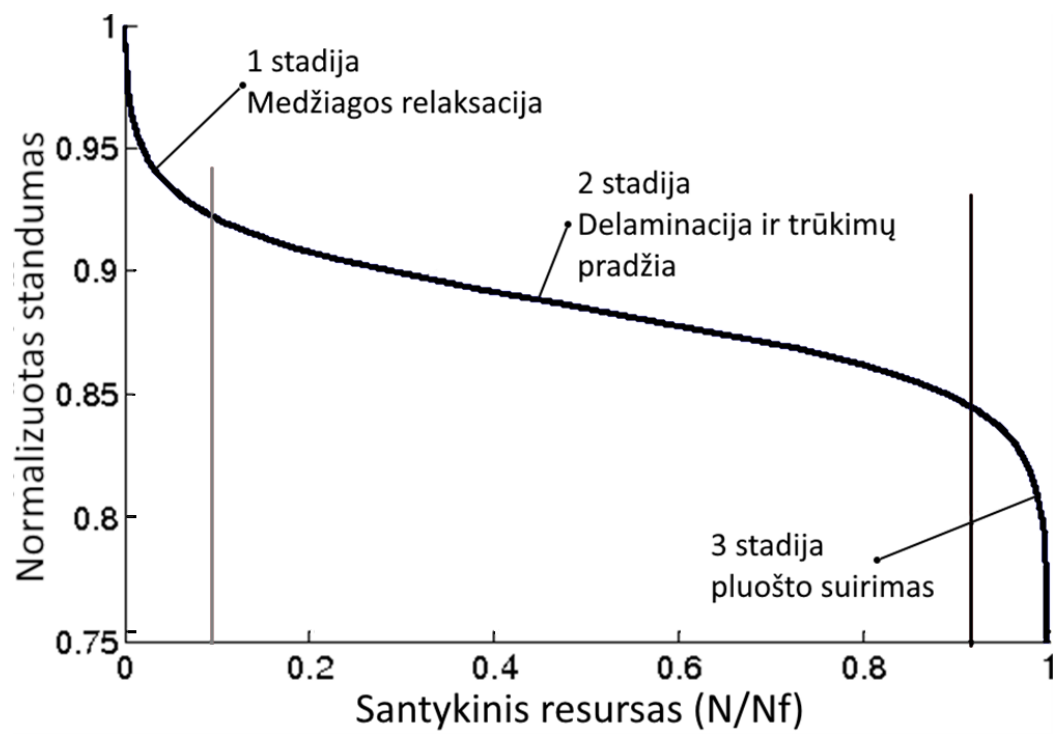
1. Kompozitinių medžiagų sukaupito nuovargio nustatymo būdas, skirtas kompozitinės medžiagos degradacijos lygiui nustatyti, naudojantis apkrovos, akustinės emisijos bei analogiškus jutiklius ar jų matricas medžiagos degradacijos lygiui įvertinti pagal kompiuterio apdorotas jutiklių momentinių signalų reikšmes, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad medžiagos būseną įvertinama triboelektrinio jutiklio rodmenų analize, o tiriamųjų kompozitinių medžiagų būklė ir likutinis resursas vertinamas pagal sukaupią jutiklių signalų vertę, išreikštą baudos funkcija, atitinkančią kompozitinės medžiagos entropijos vertę.
2. Būdas pagal 1 punktą, kurioje gaunama entropijos reikšmė kaupiama užduotą laiko tarpą vartotojo kompiuteryje ar kitoje skaitmeninėje įrangoje, kuri leidžia numatyti tiriamojo objekto tarnavimo laiko pabaigą pagal anksčiau surinktus eksperimentinius duomenis.
3. Kompozitinių medžiagų sukaupito nuovargio nustatymo sistema, realizuojanti būdą pagal 1 punktą, sudaryta iš jutiklio ar jų masyvo, duomenų nuskaitymo įrangos ir mikroprocesoriaus kompleksą, kuris signalizuoja apie tiriamos medžiagos struktūros irimą ar trūkimų didėjimą per laiko vienetą b e s i s k i r i a n t i tuo, kad medžiagos būsenos nustatymo sistema sudaryta iš triboelektrinio jutiklio, tarpinio kondensatoriaus su nuotėkio grandine, duomenų surinkimo ir kalibravimo grandinės ir mikroprocesoriaus, kuriame nustatoma dabartinė sistemos entropijos vertė.
4. Sistema pagal 3 punktą, kurioje naudojama daugiau triboelektrinių jutiklių, sudarančių jutiklių masyvą, išdėstytą tiriamojo objekto atsakingose vietose.



Pav. 1



Pav. 2



Pav. 3