



(10) **LT 2012 093 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

- (21) Paraiškos numeris: **2012 093** (51) Int. Cl. (2014.01): **B29B 17/00
C08J 11/00**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2012 10 18**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2014 04 25**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (71) Pareiškėjas:
Devulco, UAB, Ozo g. 25, LT-07150 Vilnius, LT
- (72) Išradėjas:
**Svajus ASADAUSKAS, US
Artūras JUKNA, LT**
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Gediminas PRANEVIČIUS, Advokatų kontora VARUL, Konstitucijos pr. 7, LT-09308 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:
Devulkanizavimo modifikatorius regeneruotos gumos miltelių gamybai

(57) Referatas:

Išradimas skirtas devulkanizavimo modifikatoriaus, skirto regeneruoti gumos atliekas į smulkius miltelius, naudojantis mechanine šlytimi, cheminei sudėčiai. Šio išradimo devulkanizavimo modifikatorius turi dviejų tipų komponentus: 1) aminorūgštis, amidus ar panašius karbonilo ir amino arba amido grupes turinčius organinius junginius, kaip reagentus rišančiųjų sieros tiltelių delokalizacijai ir 2) bepelenes neorganines druskas, kaip sukibimo slopinimo priedus paskesniai gumos dalelių mažinimui ir apsaugai nuo jų sukibimo. Guma, regeneruota į miltelius, pasižymi daug geresnėmis techninėmis savybėmis už lakštų, luitų ar kitų vientisų formų pavidalo gumą.

DEVULKANIZAVIMO MODIFIKATORIUS REGENERUOTOS GUMOS MILTELIŲ GAMYBAI

IŠRADIMO SRITIS

Šis išradimas yra susijęs su kietos gumos išgavimu iš atliekų, konkrečiai su cheminių mišinių sudėtimi gumos devulkanizavimui.

TECHNIKOS LYGIS

Gumos atliekų perdirbimui yra pasiūlyta daug įvairių technologijų, tačiau nei viena iš jų dar nėra taikoma plačiu mastu. Jau daug dešimtmečių yra tiriamos galimybės regeneruoti gumą iš senų padangų ir kitų gumos dirbinių (Subrangovų ataskaita darbo grupei "Evaluation of Waste Tire De-vulcanization Technologies", išleista "Cal Recovery" Inc., 2004). Įvairūs metodai buvo sukurti S-S ir S-C jungčių, kurios funkcionuoja kaip rišantieji tilteliai tarp gumos polimerų grandinių, nutraukimui: mechaniniai (A. A. Phadke, A. K. Bhattacharya, S.K. Chakraborty and S. K. De, "Rubber Chemical Technologies" vol. 56, p. 726, (1983)), kriomechaniniai (B. Klingensmith, "Rubber World" vol. 203, p. 16, (1991)), mikrobangiai (JAV Patentas Nr. 4,104,205, išradėjas D. Novotny (1978), bei C. H. Scuracchio, D. A. Waki ir M. L.C. P. Silva, "Journal of Thermal Analytical Calorimetry", t. 87, p. 893 (2007)), ultragarsiai (JAV Patentas Nr. 3,725,314, išradėjas A. Pelofsky (1973), bei A. I. Isayev, J. Chen ir A. Tukachinsky, "Rubber Chemical Technology", t. 68, p. 267 (1995)), cheminiai (taip pat terminiai ir termocheminiai), mikrobiologiniai (taip pat biocheminiai) ir kt. Sieros tilteliai susiformuoja gumos vulkanizavimo metu, tuo sukurdami tvirtai surištą tridimensinį molekulinį tinklą, apimančią visą vulkanizuojamo guminio gaminio tūrį. Toks tilteliais surištą molekulinis tinklas neleidžia vulkanizuotai gumai lydytis ar būti homogeniškai sumaišomai. Siekiant bent iš dalies suardyti šį tridimensinį tinklą yra naudojami devulkanizavimo metodai.

Molekuliniame lygmenyje pagrindinis devulkanizavimo taikiny yra S-S ir S-C jungtys. Angliavandenilių jungtys C-C arba C=C taip pat gali būti nutrauktos, siekiant išardyti tridimensinį tinklą, tačiau dėl to sutrumpėja polimerų grandinių ilgiai ir suprastėja techninės savybės. Esant tinkamoms sąlygoms, devulkanizacijos procesas iš esmės išardo tridimensinį tinklą per S-S ir S-C tiltelius iki fragmentų, kurie gali būti maišomi su funkciniais priedais, žaliaviniu kaučiuku, o taip pat ir tarpusavyje. Todėl daugiau ar mažiau sėkmingai devulkanizuota guma gali būti naudojama įvairiose polimerų terpėse,

tokiose kaip žaliavinis kaučiukas, ir, reikalui esant, vėl surišta į tridimensinį tinklą, t.y. revulkanizuota. Paprastai, jei gumos mišiniams naudojami stambūs devulkanizuotos gumos fragmentai, gaunamos sumaišytos polimerų terpės vientisumas pablogėja ir dėl to nukenčia techniniai parametrai. Atsparumas plyšimui ir santykinis pailgėjimas plyšimo metu yra tos savybės, kurias labiausiai paveikia polimerų terpės vientisumo problemos. Sumaišius regeneruotą gumą su kitais polimerais ar funkciniais priedais, dėl prastos devulkanizuoto tridimensinio tinklo fragmentacijos susidaro nehomogeniškumai ir pablogėja atsparumas plyšimui. Todėl devulkanizavimo metu siekiama išardyti kiek įmanoma daugiau S-S ir S-C jungčių. Kadangi devulkanizuojama terpė visuomet yra kietoje fazėje, devulkanizacijos laipsnis visada yra aukštesnis kieto kūno paviršiuje, negu jo viduje. Dėl to smulkesnės dalelės ir geresnė polimerų terpės fragmentacija sudaro sąlygas tolygesniam regeneruotos gumos įterpimui į naują mišinį.

Neįprastai mažas dėmesys yra skiriamas regeneruotos gumos dalelių dydžiui. Dauguma pramoninių procesų gamina regeneruotą gumą plokštėmis ar lakštais, kurie yra sluoksniuojami vienas ant kito ir suspaudžiami į luitus, rulonus, strypus, ritinius ar panašaus pavidalo vientisus gaminius. Tai suteikia regeneruotai gumai panašumo į supakuotą žaliavinį kaučiuką, kuris yra tiekiamas kaip ritiniai ar panašioje formoje. Nei viena žaliavinio kaučiuko rūšis, įskaitant natūralų, izopreno, Stireno-Butadieno kaučiuką (SBR) ir visus kitus, negali būti tiekiami miltelių formoje dėl dviejų pagrindinių priežasčių: 1) yra labai sudėtinga suformuoti smulkias kaučiuko daleles dėl labai elastingo ir savitvarkio šio kieto kūno pobūdžio, nebent taikant kriogeninius procesus; 2) net jei ir pavyksta pagaminti smulkias kaučiuko daleles, jos lengvai sulimpa viena su kita aplinkos ar aukštesnėse temperatūrose ir vėl tampa sunkiai perskiriamomis. Todėl gausūs inžineriniai resursai yra skiriami gumos maišymo įrangos kūrimui, kad stambūs gumos luitai galėtų būti apdorojami efektyviai. Kiti gumos komponentai, tokie kaip suodžiai, siera, ZnO, stearo rūgštis ir t.t. yra paprastai tiekiami miltelių forma, o kartais kaip skysčiai, pvz. mineralinės alyvos plastikliai. Milteliai gali būti maišomi, disperguojami ir bendrai apdorojami gerokai paprasčiau, nei stambūs gumos luitai.

Be išvardintų problemų, gumos atliekų apdorojimas sukelia ir daugiau perdirbimo iššūkių. Gumos atliekų devulkanizacija dažnai reikalauja sąlyginai aukštos temperatūros ~200°C, didelių slėgių (pvz. 5 atm) ir ilgai trunkančių procesų. Todėl proceso energijos sąnaudos ir savikaina tampa pernelyg didelės. Brangi įranga yra reikalinga

mikrobangiams, ultragarsiams ir kriomechaniniams devulkanizacijos metodams. Dėl to ženkliai pakyla įrangos priežiūros ir amortizacijos išlaidos. Todėl didelė gumos atliekų dalis yra tiesiog sumalama ir panaudojama arba nelabai reiklių gumos dirbinių gamybai (plokštelės, kilimėliai, asfalto dangos, statinių amortizatoriai, stogo lakštai ir t.t.), arba tiesiog kūrenimui kaip kuro papildas.

Mechano-cheminis procesas, kurio metu guma veikiama mechaninėmis jėgomis, kartu pridedant ir cheminius modifikatorius, buvo pademonstruotas kaip vienas efektyvesnių metodų (G. K. Jana ir C. K. Das, "Macromolecular Research" vol. 13, p. 30 (2005)) gumos perdirbimui. Jame suderinamas mechaninio gumos suspaudimo paprastumas kartu su galimybe pritaikyti cheminėmis reakcijomis pagrįstą devulkanizaciją. Devulkanizavimo modifikatorių įvairovė šio tipo procesams yra gana plati ir dar nenusistovėjusi gumos pramonėje. Keli gamintojai platina modifikatorius, susidedančius iš dviejų, trijų ar daugiau komponentų. Kompanija "Green Rubber" iš Malaizijos gamina modifikatorių su prekės ženklu DeLink miltelių arba granulių formoje gumos atliekų devulkanizacijai. Panašius produktus gamina ir Rhein Chemie GmbH (Vokietija) su prekės ženklu Aktiplast GE 1979 ir Qingdao "Toplit Industry Co." (Kinija) su prekės ženklu "Toplit". Modifikatorių DeLink and Aktiplast sudėtys yra visiškai konfidencialios, tuo tarpu Toplit praneša, jog modifikatoriuje yra 1,5% pagal masę elementinės S ir 8% pagal masę bendras S kiekis.

Moksliniuose žurnaluose taip pat minimas cheminių modifikatorių naudojimas gumos devulkanizacijai (G. K. Jana ir C. K. Das, "Macromolecular Research" vol. 13, p. 30, 2005). Tiosalicilo rūgšties ir difenil disulfido naudojimą aprašė mokslininkų grupė, vadavaujama S. Poompradub (P. Thaicharoen, P. Thamyongkit ir S. Poompradub, "Korean Journal of Chemical Engineering" t. 27, pp. 1177 – 1183, (2010)). Sumaltų gumos atliekų ir modifikatoriaus mišinys buvo kaitinamas 30 min maišant 140°C mineralinėje alyvoje. Šiame eksperimente gauta regeneruota guma pasižymėjo padidėjusiu tirpumu (nuo 1% iki 24% tirpios frakcijos) ir sumažėjusiu rišančiųjų tiltelių tankiu (nuo 147 iki 54 mol/m³). Aprašytame metode gumą reikia sumaišyti su alyva, dėl ko vėliau tenka valyti tiek panaudotą alyvą, tiek gautą regeneruotą gumą. Energijos sąnaudos kaitinimui yra taip pat labai reikšmingos. Šie faktoriai sudaro dideles kliūtis tokių procesų komerciniam pritaikymui.

Patentinė literatūra aprašo kelis devulkanizavimo modifikatorius. Devulkanizacijos metodai automobilinems padangoms bei pramoninėms gumos atliekoms yra aprašomi JAV patente Nr. 6,831,109 išradėjas L. Beirakh, kartu su devulkanizavimo modifikatoriumi, susidedančiu iš dviejų komponentų. Pirmasis komponentas gali būti sudarytas iš šlapalo ar jo alkilo/arilo darinių (pvz. difenilurėjos, metilurėjos), antrasis – iš dikarboksirūgščių (pvz. adipo, sebako). Išradėjai deklaruoja, kad dėl šio modifikatoriaus įvyksta didžiosios dalies S-S jungčių destrukcija, nes iš šlapalo junginių formuojasi organiniai katijonai, tuo tarpu organinės rūgštys funkcionuoja kaip reakcijos skatintojos. Devulkanizacijos metodas yra pagrįstas mechaniniu gumos atliekų maišymu su modifikatoriumi ir jam nereikia nei kaitinimo, nei valymo. Tačiau šioje metodikoje yra keletas problemų. Reakcijos sparta yra nedidelė, todėl medžiagų srautai nėra intensyvūs. Organinio katijono formavimosi reakcijos išskiria lakias šalutines medžiagas, kurios blogina darbo sąlygas. Devulkanizavimo modifikatorius įvedamas minkštų miltelių pavidale, kas skatina atliekinės gumos dalelių slydimą mechaniniais paviršiais. Dėl to pailgėja maišymo trukmė ir pakyla energetinės sąnaudos gumos apdorojimui. Svarbiausia, jog gaunama regeneruota guma būna suspausto lakšto pavidalo, kuris yra labiau devulkanizuotas paviršiuje, negu viduje. Todėl jo tinkamumas maišymui su žaliaviniu kaučiuku yra problematiškas ir reikalauja ženklų inžinerinių resursų tokio produkto panaudojimui kaip žaliava gumos gamyboje.

Artimas techninis sprendimas yra pateiktas JAV patente Nr. 5,770,632, išradėjas V. Kormer, kuris atskleidžia devulkanizavimo modifikatoriaus su dviem komponentais sudėtį. Tiokarbamato ar ditiofosfato druskos su Zn sudaro pirmąjį komponentą, o antrasis yra parinktas iš 2-merkaptobenzotiazolų, tiuramų, guanidinių, tiomorfolinų, sulfenamidų ar jų darinių. Taip pat gali būti pridedamas ir ZnO katalizatorius. Patentas sudaro galimybes lanksčiau parinkti modifikatoriaus komponentus, tačiau didžioji jų dalis sudaro sąlygas pernelyg lengvam perdirbamos gumos dalelių slydimui apdorojimo metu. Pelenų kiekis perdirbtoje gumoje padidėja, nes Zn druskos yra pagrindiniai modifikatoriaus komponentai. Gauta regeneruota guma taip pat yra suspausto lakšto pavidalo, kuri vėlgi būna sudėtinga apdoroti kaip žaliavą padangų gamybai. Kitas JAV patentas Nr. 6,387,966, išradėjas V. Goldshtein, taip pat aprašo devulkanizavimo modifikatorių su penkių tipų komponentais, tarp kurių yra protonų donoras ir rūgštis. Šis patentas, kaip ir JAV patentinė paraiška Nr. 2011/0152390, išradėjas L. Beirakh, siūlo pritaikyti ir trinties kontrolės priedą. Tačiau abiejuose išradimuose šie komponentai skirti sudaryti geresnę

abrazyvinę aplinką tarp gumos ir metalinių paviršių. Tokio tipo komponentai nepadidina besitrinančių paviršių ploto ir nekontroliuoja mechaninės šlyties polimerinėje terpėje. Dėl to tais procesais, kuriuos aprašo minėti išradimai, iš perdirbtos gumos yra gaunamas suspaustas lakštas, o ne smulkūs milteliai.

Įvairios devulkanizavimo modifikatorių sudėtys aptariamose ir kituose patentuose. Juose aprašomos pritaikymo metodikos chemine prasme yra labiau skirtingos ir daugiau nutolę nuo kambario temperatūroje vykstančios suspaudimo / šlyties sąveikos, kuri sudaro pagrindą čia aprašomiems procesams. Tam, kad susieti gumos perdirbimo principus su šiuo išradimu, tolimesnė kituose patentuose aprašytų modifikatorių apžvalga nėra būtina.

IŠRADIMO ESMĖ

Aprašomasis išradimas nagrinėja esamas gumos atliekų devulkanizacijos problemas. Atskleidžiama devulkanizavimo modifikatoriaus, skirto naudotų padangų ir kitų tipų elastomerų atliekų perdirbimui, sudėtis, kurio dėka regeneruotos gumos gamyboje galima įdiegti eilę patobulinimų. Dėl tribologinių efektų apdorojimo metu regeneruotos gumos dalelių dydis lengvai sumažinamas iki 0,5 mm ir mažiau, o neorganinė kai kurių modifikatoriaus komponentų prigimtis slopina gumos dalelių sukibimą. Gauti regeneruotos gumos milteliai gali būti lengvai pritaikomi gumos gamyboje, kai tuo tarpu žaliavinio kaučiuko, kuris dažniausiai tiekiamas stambiais luitais, apdorojimas paprastai susiduria su rimtomis technologinėmis kliūtimis. Šio devulkanizacijos proceso dėka regeneruotos gumos milteliai tampa bent iš dalies tinkami kaip žaliavinio kaučiuko pakaitalai dėl pagerėjusio atsparumo plyšimui, santykinio pailgėjimo ir kitų techninių parametrų, tuo pačiu patobulinant maišymo ir kitus gamybinius procesus, nes milteliai gali būti apdorojami žymiai efektyviau, nei žaliavinio kaučiuko luitai.

Modifikatorius yra sudarytas iš dviejų tipų komponentų, paprastai iš reagentų ir sukibimo slopintojų, o taip pat gali būti ir pagalbinių funkcinių priedų. Reagento molekulės prasiskverbia į gumos terpę ir destabilizuoja S-S bei S-C jungtis, dėl ko šios jungtys delokalizuojasi ir taip suardomi rišantieji sieros milteliai tarp polimero grandinių. Šie bepeleniai komponentai yra parenkami iš organinių junginių, turinčių karbonilo ir amino arba amido funkcines grupes. Tiksliau, amino rūgštys, karbamatai, izocianuratai, karboksilinių rūgščių amidai ir panašūs junginiai gali būti naudojami kaip reagento komponentai.

Sukibimo slopintojai atlieka bepelenio kietos fazės ir, pageidautina, neorganinio kristalinio užpildo funkciją, kurios tikslas yra didinti deformacinius įtempius tarp gumos polimerų mechaninės sąveikos metu gamyboje, tuo pačiu padengiant susmulkintas gumos daleles sluoksniu, slopinančiu jų sukibimą. Tokių kristalų buvimas padidina šlyties paviršių plotą ir paskatina deformacinius stresus polimerų matricose. Neorganinė sukibimo slopintojų prigimtis skatina trinties padidėjimą, kas taip pat padeda reagento molekulių difuzijai. Dėl to mažiau stabilios S-S ir S-C jungtys nutrūksta lengviau, nei C-C ir C=C jungtys, tuo paspartinant ir pačią devulkanizaciją. Sukibimo slopintojai parenkami iš bepelenių neorganinių druskų, visų pirma amonio hidrokarbonato, hidrazonio sulfato, amonio sulfito ir panašių. Tais atvejais, kai reagento komponentai sudaro tvirtus kietos fazės kristalus, sukibimo slopinimo komponentų galima nenaudoti.

Masių santykis tarp reagento ir sukibimo slopinimo komponentų yra nustatytas nuo 5:1 iki 1:5. Į modifikatoriaus sudėtį taip pat gali įeiti pagalbiniai komponentai, tokie kaip pre-vulkanizacijos inhibitoriai, abrazyvai, antioksidantai ir t.t. Didžiausias regeneruotos gumos miltelių gamavimo efektyvumas pasiekiamas, kai devulkanizavimo modifikatoriaus kiekis perdirbamoje gumoje sudaro nuo 1% iki 8% pagal masę viso gumos kiekio.

DETALUS IŠRADIMO PAVYZDŽIŲ REALIZAVIMO APRAŠYMAS

Išskirtuosiuose šio išradimo pavyzdžiuose yra naudojamas cheminių junginių mišinys devulkanizacijai vykdyti, kartu smulkinant gumos atliekų daleles. Kaip pradinė žaliava tolimesniam apdorojimui labiausiai tinkami yra išoriniai padangų sluoksniai, žinomi kaip protektorius. Protektoriaus guma yra tiekama kaip nuorėžos, t.y. trupinių, juostelių, gabalėlių, gniužulų ir panašios formos. Jų dydis svyruoja nuo smulkesnių nei 0,2 mm iki stambesnių už 50 mm, taip pat labai smarkiai nukrypstama nuo sferiškumo. Žaliavos dalelių dydis savaime nėra ženkli problema tuo atveju, jei jos neviršija įrangoje, visų pirma - mechaninės šlyties agregatuose, numatytų apribojimų įeinančių medžiagų gabaritams, nes proceso metu gumos dalelės yra smulkinamos. Kitų tipų gumos atliekos taip pat gali būti perdirbamos, tokios kaip padangų šonai, padangų vidinė guma, padangų kameros, traktorių padangos, batų padai, guminiai kilimėliai ir pan. Kaip žaliavą galima naudoti ir kitus siera vulkanizuotus elastomerus.

Gumos atliekos turi būti sumaišytos su devulkanizavimo modifikatoriumi, kad būtų gautas tolygus cheminių medžiagų pasiskirstymas per visą įeinančios žaliavos tūrį. Devulkanizavimo modifikatorius gali būti įvedamas miltelių, granuliu, gabalėlių ar panašios formos, su kai kuriais komponentais galimai esančiais pusiau kietoje ar kitokioje fazėje, įskaitant skystį, su sąlyga, kad maišymas tęsiamas tol, kol modifikatorius yra tolygiai pasiskirstomas tarp gumos atliekų dalelių. Žaliavos mišinys įvedamas į mechaninės šlyties agregatą tokiais kiekiais, kurie yra numatyti naudojamai įrangai. Įvairūs mechaninės šlyties agregatai gali būti naudojami devulkanizacijai, tokie kaip ekstruderiai, valcai, traiškytuvai, kalenderiai, girnos, malūnai, didelių greičių maišyklės ir t.t. Šiame agregate gumos dalelės yra trinamos ir cheminiai junginiai iš modifikatoriaus prasiskverbia per jų paviršius. Mechaninės šlyties poveikis spartina cheminių junginių difuziją į polimerų terpę, ypač tuo atveju, kai dalelėms neleidžiama lengvai slysti besitrinančiais mechaniniais paviršiais.

Labiausiai tinkama devulkanizavimo modifikatoriaus sudėtis pagrįsta dviejų tipų ingredientais: 1) reagentais ir 2) sukibimo slopintojais, nors gali būti naudojami ir pagalbiniai komponentai. Reagentų funkcija yra prasiskverbti į polimerų terpę ir delokalizuoti ir / arba nutraukti S-S ir S-C jungtis. Yra žinomi keli cheminiai mechanizmai, sukeliantys šį efektą, tokie kaip laisvųjų radikalų procesai, organinių katijonų formavimas, terminis persigrupavimas, rūgščių-bazių reakcijos ir t.t. Šiuose išradimo pavyzdžiuose labiausiai tinkami reagentų komponentai yra organiniai junginiai, kurie turi karbonilo ir amino arba amido funkcines grupes, visų pirma amino rūgštys, karbamatai, izocianuratai, karboksilinių rūgščių amidai ir jų dariniai. Yra žinoma, jog amino rūgštys dalyvauja rūgščių-bazių reakcijose, o taip pat organinių katijonų formavimosi procesuose, į kuriuos yra įtraukiamos karbonilo / karboksilo grupės kartu su amino grupėmis. Daugelis amino rūgščių, tokios kaip glicinas, alaninas, prolinas, beta-alaninas ir kitos yra santykinai kompaktiškos molekulinio dydžio prasme, kas padeda joms prasiskverbti į polimerų terpę. Amino rūgščių sąveika su gumoje likusiais funkciniais priedais, kurie būna gumos atliekose kaip pradinių kaučiuko mišinių dalis, sudaro plačias galimybes įvairioms laisvųjų radikalų reakcijoms ir S-S tiltelių persigrupavimams. Kuomet naudojamos gumos atliekos nėra racionalu tikėtis, kad devulkanizavimo modifikatoriaus komponentai ir S-S tilteliai bus vieninteliai cheminiai junginiai, tarp kurių vyks cheminės reakcijos. Likusieji funkciniai priedai, tokie kaip katalizatoriai (ZnO), vulkanizacijos aktyvatoriai ir inhibitoriai, kurie yra pajėgūs aktyviai sąveikauti su S-S ir S-C jungtimis,

sudaro maždaug 5% pagal masę kiekius naudotose padangose. Dažniausiai likusiųjų funkcinių priedų kiekiai yra didesni, nei paties devulkanizavimo modifikatoriaus kiekis, todėl laisvųjų radikalų ir terminio persigrupavimo mechanizmai negali būti ignoruojami devulkanizacijos proceso metu.

Daug panašių cheminių medžiagų gali sukelti devulkanizaciją. Karbonilo ir –NH– funkcinių grupių buvimas karbamatuose, tokiuose kaip uretanai ar metilo karbamatas, taip pat sudaro palankias sąlygas organinių katijonų ir rūgščių-bazių reakcijoms. Izocianurinė rūgštis ir jos dariniai yra dar vienas pavyzdys, kad junginiai, turintys karbonilo ir amino grupes, gali įsitraukti į organinių katijonų ir rūgščių-bazių reakcijas. Turėdami karbonilo ir –NH– funkcines grupes, trumpų grandinių karboksilinių rūgščių amidai, tokie kaip formamidas, acetamidas, akrilamidas ir pan., yra itin efektyvūs, prasiskverbiant į polimerų terpę ir įsitraukiant į aukščiau paminėtas reakcijas. Galiausiai, tarpusavio sąveika tarp karbonilo bei amino arba amido grupių šiuose junginiuose, o taip pat likusių funkcinių priedų su S-S ir S-C jungtimis sąlygoja rišančiųjų tiltelių tarp polimerų grandinių delokalizaciją ir nutrūkimą, su sąlyga, kad pakankami reagentų kiekiai patenka į polimerų terpę dėl prasiskverbimo ir difuzijos.

Būdami tvirtų neorganinių kristalų pavidalo, sukibimo slopintojai yra reikalingi tam, kad užtikrintų tinkamą mechaninių įtempių pasiskirstymą apdorojamos gumos sraute per besitrinančius paviršius. Pačios savaime gumos dalelės, būdamos lanksčios ir elastingos, keičia savo formą tokiu būdu, kad mechaniniai įtempimai būtų minimalūs. Dėl tokio elastingumo stresai polimerų grandinėse padidėja nežymiai, nepaisant ženklios mechaninės šlyties. Be to, esant aukštiems slėgiams guma išskiria kai kuriuos komponentus, kurie sutepa įrangos paviršius ir leidžia gumos dalelėms jais slysti. Faktiškai beveik pusė į gumą įdėtų funkcinių priedų yra taip pat naudojami tepalų pramonėje trinties mažinimui: grafitas (svarbus suodžių komponentas) yra naudojamas kietiesiems tepalams, plastikliai naudojami kaip mineralinės alyvos, stearatai naudojami kaip priešdiliminiai agentai, sierra naudojama tepamųjų savybių gerinimui ir t.t. Dėl to, kai gumos atliekos yra apdorojamos vienos pačios, susiformuoja suspaustas lakštas, o ne fragmentuotos dalelės, netgi esant intensyvioms šlyties jėgoms. Perteklinė deformacijos energija įkaitina gumą ir skatina gumos dalelių sukibimą tarpusavyje, o taip pat ir su agregatų paviršiais, tuo pilnai sustabdydama visą įrangą.

Medžiagos kristalams susimaišius su įeinančiu gumos atliekų srautu, dėl mechaninės šlyties poveikio polimerų terpės deformacijos tampa daug intensyvesnės. Kristalai yra tvirtesni ir daug mažiau elastiški nei gumos dalelės, dėl to polimerų grandinės turi keisti savo konformaciją, kad prisitaikytų prie pašalinių kūnų buvimo. Dėl to keičiasi tarpatominiai atstumai tarp polimerų grandinių ir padidėja rišančiųjų tiltelių įtempimai. Pasikeitę tarpatominiai atstumai palengvina reagentų prasiskverbimą ir difuziją, o įtempimų padidėjimas palengvina S-S ir S-C jungčių delokalizaciją. Ši sinergija dar labiau sustiprėja dėl tos aplinkybės, kad neorganiniai kristalai nepasižymi geromis tepamosiomis savybėmis ir neleidžia formuotis skystoms organinėms plėvelėms ant besitrinančių paviršių. Druskos yra daug mažiau suderinamos su alyvų plėvelėmis, nei organiniai abrazyvai, pvz. kanifolija. Šios druskos palapsniui padengia atskilusius gumos fragmentus kristalinių miltelių sluoksniu, tuo sudarydamos fizinį barjerą tarp atskirų gumos dalelių. Šis barjeras užblokuoja polimerų grandinių sąveiką tarp skirtingų gumos dalelių ir neleidžia šioms dalelėms sulipti tarpusavyje.

Įprastinės druskos gali pagerinti gumos devulkanizaciją ir susmulkinimą pagal tuos pačius įtempimų didinimo ir sukibimo slopinimo mechanizmus. Tačiau labiausiai tinkami sukibimo slopinimo priedai yra bepeleniai kristalai, visų pirma amonio ir hidrazonio druskos ir kompleksai. Šių druskų kristalai yra pakankamai tvirti įprastinės aplinkos sąlygomis, bet, esant nedideliam šildymui, daugelis jų lengvai degraduoja, pvz. amonio hidrokarbonatas ir amonio sulfitas skyla esant 42°C ir 65°C temperatūroms atitinkamai. Todėl jas naudojant gumos perdirbimui, šios medžiagos neprideda reikšmingo naujų cheminių funkcinių grupių kiekio. Be to, pelenu kiekis yra svarbus regeneruotos gumos kokybės parametras, todėl pridedant pelenus sudarančias druskas į gumą bus mažinama gaunamo produkto vertė. Amonio hidrokarbonatas yra itin efektyvi bepelėnė druska dėl įprastinės aplinkos sąlygomis lengvai suformuojamų tvirtų kristalų ir jos sugebėjimo suirti į NH₃, CO₂ ir H₂O, kylant temperatūrai. Hidrazonio sulfatas taip pat pasižymi reikiama morfologija ir pelenu nesudarančia sudėtimi. Taip pat gali būti naudojami keli amonio druskų variantai su fosforo rūgštimi, kaip ir amonio sulfatai, sulfitai ir pan.

Modifikatoriaus sudėtis yra labiausiai tinkama, kai naudojami abiejų minėtų tipų komponentai, dėl sinergijos tarp reagentų ir sukibimo slopintojų. Nepaisant to, kai kuriais atvejais pakanka turėti vieną vienintelį komponentą, kai pats reagentas gali suformuoti tvirtus kristalus. Acetamido kristalai būna santykinai tvirti ir rodo polinkį slopinti dalelių

sukibimą. Dėl to pakanka naudoti vien acetamidą, kad būtų pasiektas labai geras devulkanizavimo intensyvumas mišiniuose su gumos atliekomis.

Santykis tarp reagentų ir sukibimo slopintojų priedų gali būti keičiamas nuo 5:1 iki 1:5 tam, kad būtų surastos geriausios sąlygos devulkanizacijos procesui. Tvirtesnėms žaliavoms gali reikėti didesnių sukibimo slopintojų kiekių, kad būtų lengviau įsiskverbti į polimerų terpę, kaip didelės ridos padangų nuorėžų atveju. Dėl didelių degradacijos inhibitorių kiekių gumos atliekose gali tekti naudoti aukštesnę reagentų proporciją, kaip kad padangų šonų atveju. Pagalbiniai komponentai taip pat gali būti naudingi, tokie kaip pre-vulkanizacijos inhibitoriai, organiniai abrazyvai ar gumos paruošėjai. Viso modifikatoriaus kiekiai gali būti parenkami nuo 1% iki 8% koncentracijų diapazone pagal perdirbamos gumos masę. Devulkanizavimo modifikatoriaus koncentracijos gali keistis dar labiau, jei perdirbami kitokio tipo elastomerai.

PAVYZDŽIŲ APRAŠYMAS

Žemiau pateikiama eilė pavyzdžių, kurie demonstruoja gumos perdirbimo pranašumus, naudojant aukščiau paminėtą devulkanizavimo modifikatorių. Iš pradžių buvo nustatytos žaliavai naudojamos gumos kompozicinės savybės, žr. 1 lentelę:

1 lentelė

Devulkanizacijai ir regeneruotos gumos miltelių gamybai naudotos gumos žaliavos sudėtis

Techninės savybės	Testo metodas	Nuorėžos
Izopreno ir SBR santykis polimerų terpėje	ISO 7270 (pyro-GC), ISO 4650 (FTIR)	40:60% masės
Kaučiuko kiekis gume	TGA	50,1% masės
Organiniai priedai	TGA	12,7% masės
Suodžiai	TGA	23,8% masės
Mineraliniai junginiai	TGA	13,4% masės
Sieros kiekis	AA	1,8% masės
Pelenų kiekis esant 550°C	ISO 247	15,3% masės
Dalelės stambesnės už 2 mm	10 mešų sietai	31% masės
Dalelės, smulkesnės už 0,9 mm	20 mešų sietai	36% masės

Pateiktos nuorėžos buvo sumaišytos su devulkanizavimo modifikatoriumi ir apdorotos mechaninės šlyties agregate, kol sąlyginai stambios dalelės buvo transformuotos į vizualiai vienalyčius gumos miltelius. Gauti regeneruotos gumos milteliai buvo prasijoti per 10 mešų sietus stambesnių šalutinių liekanų pašalinimui. Toks pat sijojimas buvo atliktas ir su neapdorotomis nuorėžomis, jei jos buvo naudojamos kontrolinių kaučiuko mišinių ruošimui. Nenaudojant jokio devulkanizavimo modifikatoriaus, nuorėžų nebuvo galima perdirbti iki miltelių. Atliekant nuorėžų apdorojimą be jokio modifikatoriaus, palaipsniui gumos dalelės pradėjo prilipti prie agregato paviršių, tuo sustabdydamos perdirbimo procesą. Prastai funkcionuojantys devulkanizavimo modifikatoriai arba pernelyg žemos jų koncentracijos taip pat sukeldavo nuorėžų sukibimą, suspausto gumos lakšto formavimąsi ir galiausiai gumos prilipimą prie agregato paviršių, dėl ko būtinai tekdavo sustabdyti perdirbimo procesą.

Siekiant iširti ar gauti regeneruotos gumos milteliai tinka antriam panaudojimui vietoj kaučiuko gumos gaminiuose, buvo suruošti eksperimentiniai bandiniai. Keleivinių lengvųjų automobilių padangų protektorių nuorėžos buvo pasirinktos kaip gumos atliekų žaliava, jų savybės pateiktos 1 lentelėje. Šios nuorėžos buvo apdorotos taikant aukščiau aprašytą procedūrą su keliais devulkanizavimo modifikatoriais, siekiant gauti regeneruotos gumos miltelius. Tuomet gauti milteliai buvo sumaišomi 10% arba 20% kiekiais su baziniu mišiniu, sudarytu iš natūralaus kaučiuko, suodžių, sieros ir kitų įprastinių gumos funkcinių priedų, kaip pateikta 2 lentelėje. Bazinis kaučiuko mišinys buvo paruoštas iš anksto maišant valcinėje maišyklėje iki vientisumo.

2 lentelė

Bazinio kaučiuko mišinio sudėtis būsimiems regeneruotos gumos miltelių bandymams

Komponentas	Pramoninis pavadinimas	Kiekis baziniame mišinyje
Natūralus kaučiukas	NR-65	55,55% masės
Suodžiai	N-330	33,33% masės
Plastiklis	I-20A nafteno alyva	5,6% masės
Katalizatorius	ZnO	1,67% masės
Slydimo agentas	Stearo rūgštis	1,10% masės

Siera	S	1,00% masės
Vulkanizacijos akseleratorius	CBS	0,67% masės
Antioksidantas	TMQ	0,55% masės
Antiozonantas	IPPD	0,42% masės
Vulkanizacijos akseleratorius	TMTD	0,11% masės

Tuomet 10% arba 20% devulkanizuotų regeneruotos gumos miltelių (arba neperdirbtų nuorėžų kontroliniams bandiniams) buvo persijoti per 10 mešų sietus tam, kad būtų atskirtos stambesnės šalutinės priemaišos ir sumaišyti su baziniu mišiniu, naudojant standartinę 20 valcavimo procedūrą. Gautos plokštelės buvo 20 minučių patalpintos į vulkanizavimo presą, esant 150°C temperatūrai ir 1,0 MPa slėgiui, kaip demonstruojama pavyzdžiuose. Po to buvo išpjauti vulkanizuotos gumos bandiniai ir išmatuoti jų techniniai parametrai, tokie kaip kietumas pagal Šorą A, elastingumas ir kt. Pridėjus perdirbtos gumos, bandiniai tapdavo minkštesni. Tačiau lyginant su 10% arba 20% neperdirbtų nuorėžų turinčiais bandiniais, kietumas pagal Šorą mažėjo panašia sparta, nepriklausomai nuo devulkanizacijos. Elastingumas kiek sumažėjo, tačiau ne itin ženkliai. Tokią pačią tendenciją parodė ir likutinis pailgėjimas, kuris sumažėjo, pridėjus perdirbamos gumos. Atsparumo plyšimui ir pailgėjimo plyštant pokyčiai buvo patys svarbiausi ir devulkanizacijos efektai juose buvo labiausiai akivaizdūs, žr. 3 lentelę.

3 lentelė

Gumos bandinių, pagamintų naudojant (10% arba 20% kiekiais pagal masę) neperdirbtas nuorėžas (1 pavyzdys) arba regeneruotos gumos miltelius (RRP), gautus, apdorojant gumos nuorėžas su devulkanizavimo modifikatoriumi (kaip aprašyta 2-5 pavyzdžiuose):

	Kietumas	Atsparumas plyšimui	Pailgėjimas plyštant	Liekamasis pailgėjimas	Elastingumas
	Šoras A	MPa	%	%	%
Bazinis mišinys (be RRP ar nuorėžų)	67	19,6	453	18	34
10% nuorėžų (1 pvz.)	67	15,6	383	12	32
20% nuorėžų (1 pvz.)	66	12,8	343	10	30
10% RRP (2 pvz.)	69	18	410	16	32

20% RRP (2 pvz.)	65	15,9	378	16	30
10% RRP (3 pvz.)	69	15,7	360	15	34
20% RRP (3 pvz.)	64	15,3	358	13	32
10% RRP (4 pvz.)	67	16,9	395	15	33
20% RRP (4 pvz.)	65	15,7	375	12	32
10% RRP (5 pvz.)	65	16,4	395	16	31
20% RRP (5 pvz.)	63	14,5	370	13	28

Žemiau yra pateikiama eilė pavyzdžių, kurie rodo konkrečių cheminių junginių įtaką gumos devulkanizacijos efektyvumui ir šios gumos tinkamumą naujiems kaučiuko gaminiams.

1 pavyzdys

Automobilinės (t.y. automobilių padangų) nuorėžos buvo prasijotos per 10 mešų sietus, kad būtų atskirti stambesni gabalai, metalinės vielutės ir šalutinės priemaišos. Maždaug 70% visų nuorėžų buvo smulkesnės ir sėkmingai nusiųsijo. Smulkesnioji frakcija buvo sumaišyta su baziniu mišiniu (2 lentelė) 10% ir 20% kiekiais pagal masę, naudojant valcus, ir buvo gauti du guminiai lakštai. Trečiajam lakštui buvo panaudotas bazinis mišinys be nuorėžų. Visi trys lakštai buvo patalpinti 20 minučių į vulkanizavimo presą, esant 150°C temperatūrai ir 1,0 MPa slėgiui. Iš lakštų buvo išpjauti bandiniai, kurie buvo laikomi kambaryje ne mažiau 2 val. iki matavimų pradžios. Nustatytos savybės yra pateikiamos 3 lentelėje. Rezultatai rodo, jog atsparumas plyšimui ir pailgėjimas plystant tampa bent 20% prastesni, lyginant su baziniu mišiniu.

2 pavyzdys

Automobilinės nuorėžos (1 kg) buvo maišomos su 20 g acetamido, 10 g glicino ir 10 g amonio hidrokarbonato, sutrintų į miltelius, iki jų tolygaus pasiskirstymo mišinyje. Mišinys buvo supiltas į mechaninės šlyties agregatą ir perdirbamas, kol buvo gauti tolygiai smulkūs milteliai. Gauti regeneruotos gumos milteliai buvo persijoti ir sumaišyti 10% ir 20% kiekiais su baziniu mišiniu (2 lentelė), gaunant du lakštus, kurie vėliau buvo vulkanizuojami ir tikrinamos jų savybės kaip aprašyta 1 pvz. Nustatyti techniniai parametrai yra pateikti 3 lentelėje. Rezultatai leidžia teigti, kad neigiami atsparumo plyšimui ir pailgėjimo plystant pokyčiai buvo maždaug 3 kartus mažesni, nei neperdirbtų

nuorėžų atveju (1 pvz.). Tai rodo, jog regeneruotos gumos miltelių savybės yra ženkliai artimesnės kaučiuko mišinių savybėms, nei padangų nuorėžoms.

3 pavyzdys

Automobilinės nuorėžos (1 kg) buvo maišomos su 40 g glicino ir 20 g hidrazonio sulfato, sutrintų į miltelius, iki jų tolygaus pasiskirstymo mišinyje. Mišinys buvo supiltas į mechaninės šlyties agregatą ir perdirbamas, kol buvo gauti tolygiai smulkūs milteliai. Gauti regeneruotos gumos milteliai buvo persijoti ir sumaišyti 10% ir 20% kiekiais su baziniu mišiniu (2 lentelė.), gaunant du lakštus, kurie vėliau buvo vulkanizuojami ir tikrinamos jų savybės kaip aprašyta 1 pvz. Nustatyti techniniai parametrai yra pateikti 3 lentelėje. Rezultatai leidžia teigti, kad neigiami atsparumo plyšimui ir pailgėjimo plystant pokyčiai buvo panašūs, naudojant gautų miltelių ir neperdirbtų nuorėžų 10% kiekius. Tačiau naudojant 20% kiekius, bandinių su regeneruotos gumos milteliais kokybė buvo aiškiai geresnė, nei neperdirbtų nuorėžų atveju. Tai rodo, jog regeneruotos gumos miltelių savybės yra artimesnės kaučiuko mišinių savybėms, nei padangų nuorėžoms.

4 pavyzdys

Automobilinės nuorėžos (1 kg) buvo maišomos su 60 g acetamido, sutrinto į miltelius, iki jų tolygaus pasiskirstymo mišinyje. Mišinys buvo supiltas į mechaninės šlyties agregatą ir perdirbamas, kol buvo gauti tolygiai smulkūs milteliai. Gauti regeneruotos gumos milteliai buvo persijoti ir sumaišyti 10% ir 20% kiekiais su baziniu mišiniu (2 lentelė), gaunant du lakštus, kurie vėliau buvo vulkanizuojami ir tikrinamos jų savybės, kaip aprašyta 1 pvz. Nustatyti techniniai parametrai yra pateikti 3 lentelėje. Rezultatai leidžia teigti, kad neigiami atsparumo plyšimui ir pailgėjimo plystant pokyčiai buvo maždaug 2 kartus mažesni, nei neperdirbtų nuorėžų atveju (1 pvz.). Tai rodo, jog regeneruotos gumos miltelių savybės yra ženkliai artimesnės kaučiuko mišinių savybėms, nei padangų nuorėžoms.

5 pavyzdys

Automobilinės nuorėžos (1 kg) buvo maišomos su 40 g izocianurio rūgšties ir 20 amonio sulfato, sutrintų į miltelius, iki jų tolygaus pasiskirstymo mišinyje. Mišinys buvo supiltas į mechaninės šlyties agregatą ir perdirbamas, kol buvo gauti tolygiai smulkūs milteliai. Gauti regeneruotos gumos milteliai buvo persijoti ir sumaišyti 10% ir 20% kiekiais su baziniu mišiniu (2 lentelė), gaunant du lakštus, kurie vėliau buvo

vulkanizuojami ir tikrinamos jų savybės kaip aprašyta 1 pvz. Nustatyti techniniai parametrai yra pateikti 3 lentelėje. Rezultatai leidžia teigti, kad neigiami atsparumo plyšimui ir pailgėjimo plyštant pokyčiai buvo maždaug 2 kartus mažesni, nei neperdirbtų nuorėžų atveju (1 pvz.). Tai rodo, jog regeneruotos gumos miltelių savybės yra ženkliai artimesnės kaučiuko mišinių savybėms, nei padangų nuorėžoms.

Turint šios srities įgūdžius, galima išvystyti eilę devulkanizavimo modifikatoriaus privalumų, pasiremiant šio išradimo aprašymu. Pagrindinis išradimo tikslas yra padidinti gumos atliekų perdirbimo efektyvumą ir pagerinti gautų produktų antrinį panaudojimą. Gaminamo gumos regenerato kokybė yra geresnė visų pirma dėl pasiekiamų granulimetrinių savybių. Gumos dalelės, gaunamos perdirbimo metu, yra iš karto padengiamos bepeleniais kristalais, kurie slopina dalelių sulipimą. Taip pat dėl padidėjusios šlyties gumos regenerato dalelių dydis yra lengvai sumažinamas iki 0,5 mm ar mažiau. Gaunami regeneruotos gumos milteliai yra labai smulkūs ir lengvai disperguojami, priešingai nei stambūs žaliavinio kaučiuko luitai. Kai tokie milteliai yra naudojami gumos dirbinių gamybai, labai geras dispersiškumas gali būti pasiektas be intensyvaus maišymo ir kaitinimo, kuris reikalingas gumos regenerato lakštams, luitams ir ritiniams, šiuo metu naudojamiems pramonėje. Todėl įvedant regeneruotos gumos miltelius į naujo produkto sudėtį, visas mišinys su kaučiuku ir priedais išvengia didelių terminių stresų ir pasiekia puikų homogeniškumą, kas sąlygoja daug tolygesnę vulkanizacijos eigą ir ženkliai pagerina technines savybes.

Kitas ryškus pranašumas yra sutaupyta energija ir ženklus perdirbimo trukmės sumažėjimas. Dažnai gumos gamybos linijos spartą ribojanti stadija yra kaučiuko mišinio maišymas, kurio trukmė turi būti ilga dėl to, kad žaliavinio kaučiuko ir gumos regenerato luitus reikia tinkamai disperguoti. Be didelio energijos poreikio bei laiko sąnaudų, ši stadija reikalauja galingų aukšto preciziškumo maišytuvų, kurių techninės priežiūros išlaidos yra didelės. Tačiau jeigu žaliavos yra tiekiamos ne kietų luitų, o miltelių pavidalo, maišymo stadija gali būti racionalizuota, jai skiriant daug mažiau inžinierinių bei pramoninių resursų, kas ženkliai sumažina gamybos kaštus.

Neorganinis kai kurių devulkanizavimo modifikatoriaus komponentų pobūdis stabdo aliejingų plėvelių formavimąsi, slystant gumos dalelėms, tuo tarpu jų kristalai didina trintį ir suteikia daugiau ploto susiliečiantiems paviršiams. Tai sąlygoja dar vieną

pranašumą – intensyvesnę devulkanizaciją, pasiekiamą dėka sinergijos tarp tribologinių efektų bei reagentų difuzijos / prasiskverbimo. Geresnė tribologinių sąlygų kontrolė ne tik pagerina gumos regenerato granulimetrines savybes gamybos metu, bet ir intensyvina dinامينius deformacinius įtempimus bei stresus polimerų grandinėse. Tai formuoja iškrypimus polimerų grandines rišančiuose tilteliuose, dėl ko S-S ir S-C jungčių delokalizacija tampa labiau tikėtina. Dinaminės polimerų terpės deformacijos taip pat leidžia reagento molekulėms lengviau prasiskverbti į gumą, kas padidina difuzijos spartą. Dėl to S-S ir S-C jungtys tampa laisviau prieinamos reagento molekulėms ir lengvai delokalizuojasi. Todėl nutrūksta rišantieji tilteliai, o S-S ir S-C jungtys persiformuoja, prisijungdamos prie tos pačios polimero grandinės. Reagento priedai gali delokalizuoti S-S ir S-C jungtis dėka laisvųjų radikalų, organinių katijonų, terminio persigrupavimo ir rūgšties/bazės mechanizmų, kurie visi, kaip įrodyta, yra efektyvūs devulkanizuojant gumą. Dėl to šiame išradime aprašyti regeneruotos gumos milteliai yra labiau tinkami kaip natūralaus kaučiuko pakaitalas dėl geresnio atsparumo plyšimui, santykinio pailgėjimo ir kitų svarbiausių savybių.

Dar daugiau pranašumų suteikia tas faktas, kad tiek reagentų, tiek sukibimo slopinimo priedai nesudaro pelenų. Tai visų pirma sumažina tą šalutinį poveikį, kuris kyla dėl naujų cheminių medžiagų įvedimo į kaučiuko gaminio receptūrą kartu su gumos regeneratu. Taip pat daug gamintojų laiko pelenų kiekį svarbiu gumos regenerato parametru. Dėl intensyvaus kaitinimo įprastinis gumos regeneratas turi didesnę pelenų kiekį, nei žaliavoms naudojamos gumos atliekos, ypač tuo atveju, jei šarminiai priedai yra taikomi kaip devulkanizavimo modifikatoriai. Kai čia aprašytas devulkanizavimo modifikatorius, būdamas 100% bepelenis, yra naudojamas gumos atliekų perdirbimui išdėstyto mechaninės šlyties metodu įprastinės aplinkos sąlygomis, pelenų kiekis nedidėja ir tai suteikia pranašumą prieš tradiciniais būdais gaminamą gumos regeneratą.

Pažymėtina, jog tiek reagentų, tiek sukibimo slopinimo priedų junginiai gali būti gaminami iš atsinaujinančių išteklių, kas pagerina gumos dirbinių ekologinį suderinamumą. Amino rūgštys yra paplitusios gamtoje, kaip ir amidai bei kiti reagentų tipo junginiai. Kai kurios bepelinės druskos sukibimo slopinimo priedams gali būti gaminamos tiesiog iš oro, kaip kad amonio hidrokarbonatas. Šiuo metu petrocheminės technologijos taip pat yra taikomos gaminant junginius, naudojamus šiame devulkanizavimo modifikatoriuje, nepaisant to, metodai, paremti biologinės kilmės

žaliavomis, gali būti visuomet pasiūlyti kaip sintezės alternatyva. Tuo tarpu šiuo metu labiausiai paplitusiems devulkanizavimo modifikatoriams, pvz. diksileno disulfidui ar difenilo karbamidui, dar nėra jokių bent kiek realistiškų biologinės kilmės žaliavomis pagrįstų sintezės metodų. Tuo atveju, kai devulkanizavimo modifikatorius yra natūraliai bioskalus, palengvėja gumos atliekų tvarkymas, ypač tose situacijose, kai gumos gaminiai būna neplanuotai išmetami į sąvartyną.

Regeneruotos gumos milteliai, pagaminti, remiantis aprašytu devulkanizavimo modifikatoriumi, gali būti taikomi plačiam receptūrų spektrui gumos ir plastmasių pramonėse. Gaminant padangas, regeneruotos gumos miltelių kiekis gali siekti 30%. Stogų dangos, guminių žarnų, kilimėlių ir panašių su padangomis nesusijusių gumos dirbinių gamyboje naudojamų regeneruotos gumos miltelių kiekis gali viršyti ir 60%. Būdami sąlyginai žemos kainos analogu kaučiuko ir suodžių mišiniui lengvai disperguojamų dalelių formoje, regeneruotos gumos milteliai taip pat gali būti naudojami, gaminant kitas plastmases ar elastomeras, tokius kaip vamzdynų ir statybiniai dirbiniai, išoriniam poveikiui atsparūs dažai, medienos impregnavimo medžiagos, asfalto / betono dangos ir pan.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Devulkanizavimo modifikatorius, skirtas gumos atliekų ir kitų elastomerų perdirbimui, besiskiriantis tuo, kad turi:
 - komponentą A, parinktą iš organinių junginių, kurie turi karbonilo ir amino arba amido funkcinės grupės, tokių kaip amino rūgštys, karbamatai, izocianuratai, karboksilinių rūgščių amidai ir jų dariniai, taip pat ir jų mišinių, kurių molekulės prasiskverbia į gumos terpę ir destabilizuoja S-S ir S-C jungtis;
 - komponentą B, parinktą iš kietų bepelenių neorganinių druskų, turinčių amonį arba hidrazonį, taip pat ir jų mišinių, kurių molekulės padidina šlyties įtempimus tarp gumos polimerų mechaninio apdorojimo metu, kartu slopindamos sukibimą tarp ardomos gumos dalelių; ir pasirinktinai
 - pagalbinis komponentus, tokie kaip pre-vulkanizacijos inhibitoriai, abrazyvai ar antioksidantai;kuriame santykis tarp komponentų A ir B yra intervale nuo 5:1 iki 1:5 masės dalių, pageidautina – nuo 2:1 iki 1:2 masės dalių.
2. Devulkanizavimo modifikatorius pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad jis yra granuliu, drožlių ar miltelių pavidalo su arba be kai kurių sudedamųjų dalių pusiau skystame ar skystame būvyje.
3. Devulkanizavimo modifikatorius pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad jo koncentracija perdirbamose gumos atliekose yra intervale nuo 1% iki 8% pagal masę.
4. Devulkanizavimo modifikatorius pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad turi komponentą A – acedamidą, kurio kiekis perdirbamose gumos atliekose yra intervale nuo 1,5% iki 7% pagal masę, su arba be komponento B.
5. Devulkanizavimo modifikatoriaus pagal 1-4 punktus panaudojimas miltelių pavidalo regeneruotos gumos gamybai.