



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00322

(22) Data de depozit: 29/05/2017

(41) Data publicării cererii:
29/11/2018 BOPI nr. 11/2018

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE
TEXTILE-PIELĂRIE - SUCURSALA
INSTITUTUL DE CERCETARE PIELĂRIE-
ÎNCĂLȚĂMINTE, STR. ION MINULESCU
NR. 93, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• STELESCU MARIA DANIELA,
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 42, BL. B2,
SC. C, ET. 3, AP. 96, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;

• ALEXANDRESCU LAURENȚIA,
CALEA VICTORIEI NR. 128A, AP. 10,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• SONMEZ MARIA, STR. PLEVNEI NR. 17,
VILA 3, BRAGADIRU, IF, RO;
• NIȚUICĂ MIHAELA, ȘOS. BERCEI NR.
39, BL. 107, SC. A, AP. 31, ET. 5,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
• GEORGESCU MIHAI, STR. TURDA
NR. 106, BL. 32, SC. 2, AP. 61, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) MATERIALE ELASTOMERICE CU REZISTENȚĂ CRESCUTĂ
LA RADIAȚII, ȘI PROCEDEU DE OBTINERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un material elastomeric pe bază de cauciuc natural, cu rezistență crescută la radiații, și la un procedeu de obținere a acestuia. Materialul conform invenției este constituit, în părți masice, din 95...100 părți cauciuc natural, 0,5...60 părți, raportat la 100 părți cauciuc, agent de ranforsare de tip amidon plastifiat, până la 3 părți, raportate la 100 părți cauciuc, plastifiant de tip polietilenglicol PEG 4000, respectiv, 1 parte anti-oxidant, agenți de vulcanizare, precum și alte ingrediente uzuale. Procedeu conform invenției constă în plastifierea amidonului, obținerea cauciucului natural maleinizat, care în continuare se compoandază cu cauciucul natural în prezență de oxid de zinc, stearină,

polietilenglicol și antioxidant, prin înglobarea amidonului plastifiat și adăugarea agenților de vulcanizare la temperatura de 55...75°C, timp de 15...25 min, amestecul rezultat sub formă de foaie de circa 2 mm grosime este prevulcanizat la o temperatură de 165°C, o presiune de 300 MPa, timp de presare de 5 min, urmată de sterilizări succesive prin 1...3 iradiere cu doze de 2,5 Mrad, rezultând un material compozit stabil, cu o duritate de 40...60° ShA, o rezistență la rupere de 4,5...7,5 N/mm și o alungire la rupere de 700...800%.

Revendicări: 3



MATERIALE ELASTOMERICE CU REZISTENTA CRESCUTA LA RADIATII SI PROCEDEU DE OBTINERE

Domeniul tehnic in care poate fi folosita inventia

Inventia se refera la realizarea unor materiale elastomerice cu rezistenta crescuta la radiatii, pe baza de cauciuc natural si amidon plastifiat, care sunt destinate obtinerii unor articole din cauciuc cu aplicatii în medicina, industria alimentara, industria farmaceutica etc. Datorita rezistentei crescute de radiatii, aceste materiale pot fi restilizate prin iradiere si se pot reutiliza.

Alte posibile aplicatii: covoare din cauciuc, placi tehnice, furtunuri, tuburi de cauciuc pentru irigatoare, amortizoare de vibratii, echipamente de radioprotectie, diferite garnituri si alte articole tehnice din cauciuc.

Descrierea stadiului actual

In literatura de specialitate au fost identificate brevete publicate de Goodyear Tyre & Rubber Co. in care amidonul a fost utilizat în compoundingurile de cauciuc pentru anvelope, în scopul de a imbunatati rezistența la rulare și pentru a reduce consumul de negru de fum. Astfel, **patentul US 5672639 A/1997**: "*Starch composite reinforced rubber composition and tire with at least one component thereof*", *Filomeno Gennaro Corvasce, Tom Dominique Linster, Georges Thielen, Goodyear Tyre & Rubber Co*, se referă la o compoziție de cauciuc ranforsat cu un compozit amidon/plastifiant și pneuri având cel puțin un component (cum ar fi banda de rulare circumferențială etc.) format dintr-o astfel de compoziție de cauciuc. In compozitul amidon/plastifiant se poate utiliza ca plastifiant poli(alcool etilenvinil) și/sau acetat de celuloză. Vulcanizarea se realizeaza cu sulf si acceleratori. Compozitiile conform acestei invenții cuprind cel puțin un elastomer, un compozit amidon/plastifiant, opțional, cel puțin un agent de ranforsare de tip negru de fum, silice etc. Iar **patentul US 6273163 B1/2001**, "*Tire with tread of rubber composition prepared with reinforcing fillers which include starch/plasticizer composite*", *Thierry Florent Edmé Materne, Filomeno Gennaro Corvasce, Goodyear Tyre & Rubber Co*, se referă la prepararea unui compound de cauciuc care conține un compozit amidon/plastifiant, împreună cu cel puțin un agent de ranforsare suplimentar, un compus disulfuric organosilan amestecat cu o compoziție de cauciuc obtinuta într-o etapa neproductivă, urmată de adăugarea unui compus de polisulfură de organosilan realizat într-o etapă ulterioară, productivă. Vulcanizarea este cu sulf si acceleratori de vulcanizare. Invenția se referă și la compoziția de cauciuc rezultată și utilizarea acesteia în obtinerea unor produse din cauciuc, inclusiv anvelope.

Fata de brevetele menționate, in prezenta inventie, se elimina sarja anorganica care este inlocuita cu amidon plastifiat, iar reticularea cu sulf si acceleratori de vulcanizare (care conduce la formarea de nitrozamine în procesul de vulcanizare – substante cancerigene) este inlocuita cu o prevulcanizare in presa la temperaturi ridicate utilizand cantitati reduse de peroxid, urmata de finalizarea reticularii prin iradiere cu electroni accelerati.

In literatura de specialitate au fost identificate brevete publicate cu privire la vulcanizarea indusa de radiatii ionizante a unor materiale din cauciuc, dupa cum urmeaza:

Patentul US 3131139 A "*Radiation induced vulcanization of rubber latex*", *David S Ballantine, Robert B Mesrobian, Donald J Metz, 1964*, se refera la vulcanizarea unor materiale pe baza de cauciuc natural sau sintetic, prin iradiere cu radiatii de înaltă energie, cum ar fi radiatii gamma. Pentru reducerea dozei de iradiere necesară pentru a vulcaniza cauciucul natural sau sintetic, se utilizeaza un monomer vinilic, iar vulcanizarea are loc la 56°C- 59°C.

Patentul US 2,763,609, "*Vulcanization of silicone rubber with high energy electrons*", *Frederick M. Lewis, Ballston Lake, and Elliott J. Lawton, Schenectady, N. Y., assignors to General Electric Company, a corporation of New York, din 1956 si Patentul US 4490314 A, "*Radiation cured silicone rubber articles*", *John G. DuPont, Paul A. Goodwin, High Voltage Engineering Corporation,**

din 1984, se refera la reticularea cu radiatii ionizante de energii inalte a unor amestecuri de cauciuc siliconic de diferite compozitii, in prezenta unor monomeri.

Prezenta inventie aduce imbunatatiri fata de aceste doua patente, prin faptul ca materialele elastomerice sunt modelate prin prevulcanizate in presa la temperaturi ridicate si un timp de vulcanizare redus, utilizand cantitati mici de agent de vulcanizare, urmata de o procesare prin iradiere cu electroni accelerati (in care nu se utilizeaza matrite, volumul ocupat de semifabricate in acceleratorul de electroni fiind cu mult redus), la o doza de 2,5 Mrad, in vederea finalizarii reticularii, sterilizarii si imbunatatirii unor proprietati. Conform standardului *EN 552/2001* referitor la cerințele pentru aplicarea sterilizarii cu radiatii ionizante a dispozitivelor medicale, sunt acceptate doua moduri de abordare in stabilirea dozei de sterilizare si anume: (a) cunoașterea numarului și radiosensibilității populației microbiene prezente pe sau in dispozitivul medical; (b) utilizarea unei doze minime de 2,5 Mrad. In tarile dezvoltate peste 50% din produsele medicale sunt sterilizate prin iradiere cu radiatii ionizante [*Sterilization of medical devices — Validation and routine control of sterilization by irradiation, European Standard, EN 552:1994*]. Procesul este nepoluant si nu elibereaza gaze toxice. Produsele obtinute din materialele elastomerice conform prezentei inventii, pot fi reesterilizate dupa utilizare de minimum 3 ori, deoarece prezinta stabilitate ridicata la iradiere prin introducerea in compozitie a unui polimer care se degradeaza usor prin iradiere, si anume amidonul [*Stability and stabilization of polymers under irradiation, IAEA, Vienna, 1999, ISSN 1011-4289, Printed by the IAEA in Austria, 1999*].

Produsele conform invenției, se diferentiaza de patentele menționate, **prin aceea că** in noile compozite polimerice pe baza de cauciuc natural si amidon plastifiat, se inlocuieste total sarja anorganica (cu grad de toxicitate crescut cum ar fi negru de fum sau silice precipitata) cu amidon sub forma de amidon plastifiat, iar compoundurile sunt obtinute prin tehnica amestecării pe valt si se prelucreaza in produse finite prin modelare/prevulcanizare in presa la temperaturi ridicate si un timp de vulcanizare redus, urmata de o procesare prin iradiere cu electroni accelerati in vederea finalizarii reticularii, sterilizarii si imbunatatirii unor proprietati.

Avantajele inventiei in raport cu stadiul actual:

- Se obtin direct produse sterile care se pot utiliza in domeniul farmaceutic, alimentar, medical; aceste produse pot fi reesterilizate dupa utilizare de minimum 3 ori, deoarece materialul elastomeric din care sunt realizate produsele prezinta stabilitate ridicata la iradiere.
- Avantaje legate de protectia mediului ca urmare a inlocuirii sarjelor anorganice cu amidonul, utilizarea unor agenti de reticulare cu grad de toxicitate redus si reducerea cantitatii agentilor de reticulare.
- Scaderea semnificativa a ratei de boli profesionale in industria cauciucului si dezvoltarea sustenabila prin respectarea standardelor de mediu ale UE si reducerea poluarii ca urmare a utilizarii noilor compozitii si tehnologii ecologice.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție, asa cum rezulta din descriere, consta in stabilirea rapoartelor optime intre materiile prime, a procesului de obtinere, precum si a dozei si parametrilor de iradiere cu electroni accelerati, care au ca efect obtinerea unor bunuri de consum din cauciuc sterile cu aplicatii in industria alimentara, farmaceutica etc.

Descrierea detaliata a inventiei

Materialele compozite pe baza de cauciuc natural si amidon plastifiat, conform inventiei, au următoarea compoziție: 95-100 părți în greutate de cauciuc natural, 0-5 părți in greutate compatibilizator, 0,5 până la 60 părți la 100 parti de cauciuc (phr) agent de ranforsare de tip

amidon plastifiat, 0-3 phr plastifiant polietilen glicol PEG 4000, 0-1 phr antioxidant, 0,2-2 phr peroxid, 0-3 phr monomer polifunctional si alte ingrediente.

Reticularea amestecurilor se realizeaza in doua etape. In prima etapa se realizeaza o prevulcanizare in presa la temperaturi ridicate utilizand cantitati reduse de peroxid in prezenta unui monomer polifunctional, iar in a doua etapa are loc finalizarea reticularii prin iradiere cu electroni accelerati.

Procedeele de obtinere a materialelor compozite pe baza de cauciuc natural si amidon plastifiat, cuprind: operatiile de caracterizare a materiilor prime, dozarea materiilor prime si realizarea compozitului prin prelucrare pe valt sau in malaxor de tip Brabender. Semifabricatele obtinute sub forma de amestecuri de cauciuc se prezinta sub forma de foaie. Aceste foi de amestecuri de cauciuc sunt pre-vulcanizate utilizand matrite si prese de vulcanizare, obtinand forma finala a produselor. Prin procesarea cu radiatii ionizante la doze de cca 2,5 Mrad a semifabricatelor din cauciuc obtinute, se finalizeaza reticularea si se obtin bunuri de consum din cauciuc sterile, cu proprietăți fizico-mecanice și chimice adecvate domeniului de utilizare si preț de cost scăzut.

Exemplul 1. Materiale din cauciuc natural si 30 phr amidon plastifiat cu rezistenta crescuta la radiatii obtinute prin procesare cu electroni accelerati

Materialele utilizate au fost:

- Elastomer - cauciuc natural pentru uz farmaceutic Crep, sub forma de foi de cauciuc de culoare alba, vascozitatea Mooney 67,64 ML(1'+4') 100°C, continutul de materii volatile 0,5%, continutul de azot 0,45%, continutul de cenusa 0,25%, continutul de impuritati 0,026%.
- Amidon – amidon solubil din cartofi (substante insolubile in apa 0.28%, pierdere prin uscare-16.9%, usor biodegradabil: BOD5 - 0,6 g/g – si COD - 1,2 mg/g).
- Plastifiant pentru amidon - glicerina: aciditate libera 0.02%, densitate 1.26 g/cm³, puritate 99.5%.
- Agenti de vulcanizare:
 - Peroxid de tip di(tert-butilperoxi-izopropil)benzen Perkadox 14-40B-GB (densitate 1,60 g/cm³, continutul de oxigen activ 3,8%, continutul de peroxid 40%).
 - Coagent de reticulare/monomer polifunctional de tip trimetilpropan-trimetacrilat TMPT DL 75 (continutul de cenusa 22%, densitate 1,36 g/cm³, contine agent activ 75 ± 3%, pH 9,2).
- Antioxidant Richon IPPD (4010 NA) N-Izopropil – N-fenil – fenilen-diamina, puritate 98%, masa moleculara 493.6374.
- Anhidrida maleica pentru sinteza S6855208 (temperatura de topire 52°C) pentru obtinerea compatibilizatorului - cauciucul natural maleinizat.
- Plastifiant - polietilen glicol PEG 4000 (densitate 1,128 g/cm³, punct de topire 4-8°C).
- Alte ingrediente: oxid de zinc calitatea I, stearina.

Pentru *plastifierea amidonului*, s-a amestecat amidonul (65%) cu glicerina (35%) pana s-a obtinut un amestec omogen.

Obtinerea compatibilizatorului (cauciucul natural maleinizat) s-a realizat prin amestecarea pe valt a cauciucului natural cu 5 phr (parti la 100 parti cauciuc) anhidrida maleica si 0,75 phr peroxid. Foaia de amestec de cauciuc natural cu anhidrida maleica s-a utilizat dupa mentinerea timp de 1 ora in etuva la 160°C si apoi stabilizarea la temperatura camerei cca. 16 ore.

Obtinere compounduri pe baza de cauciuc natural si amidon plastifiat. Amestecurile au fost obtinute prin tehnica amestecarii pe un valt. Modul de lucru a fost: cauciucul natural si cauciucul natural maleinizat sunt legate pe valt (cca 3'), se inglobeaza oxidul de zinc, stearina, polietilenglicolul PEG 4000 si antioxidantul (2'), se adauga si se inglobeaza treptat amidonul plastifiat (5-15'), se adauga peroxidul si monomerul polifunctional (2'), se omogenizeaza amestecul

si se scoate de pe valt sub forma de foaie de cca 2mm grosime (3'). Parametrii de lucru: frictie 1:1,1, temperatura 55- 75°C, timp de lucru 15-25'. S-a realizat o proba martor (fara amidon) si o proba care contine 30 phr amidon plastifiat cu glicerina.

Prevulcanizarea s-a realizat prin metoda compresiei, utilizand o presa hidraulica. Parametrii de lucru: temperatura 165°C, presiunea 300 MPa si timpul de presare 5'.

Procesarea prin iradiere a probelor s-a realizat utilizand un accelerator liniar de electroni cu unda progresiva, care genereaza la iesirea din structura de accelerare, impulsuri de electroni de 3,75 ms , cu frecventa de repetitie reglabila intre 50 Hz si 250 Hz, energie medie de 5,5 MeV si curent in impuls de 130 mA. Debitul de doza in fascicul baleiat, la frecventa maxima de repetitie a impulsurilor de fascicul de 250 Hz si la 50 cm de fereastra de iesire a electronilor din baleilor este de 2.5 Mrad/min. Semiprodusele ambalate in folie de polietilena, au fost iradiate in conditii atmosferice si la temperatura camerei de 25°C. Reticularea se finalizeaza prin iradierea probelor cu 2,5 Mrad. Aceasta doza asigura si sterilizarea produsului.

Proprietatile fizico-mecanice se imbunatatesc la proba care contine 30 phr amidon plastifiat fata de cea martor astfel: (a) duritatea creste (de la 25°ShA la 35°ShA), elasticitatea scade (de la 30% la 28%) si rezistenta la rupere creste de la 5 N/mm² la 7,3 N/mm² ca urmare a ranforsarii amestecului (b) rezistenta la sfasiere (14-14,1 N/mm), si alungirea la rupere (793-800%) nu prezinta modificari semnificative.

Rezistenta la actiunea lichidelor determinata conform ISO 1817/2015, indica faptul ca aceasta depinde de comportarea componentilor amestecurilor in mediile de imersie; astfel, caucicul natural este hidrofoab (variatia masei in apa are valori foarte mici) iar amidonul are un caracter hidrofil – absoarbe apa, si odata cu marirea cantitatii de amidon din amestecuri, are loc o crestere a variatiei masei in: apa (de la 2,9% la 3,8%), ser fiziologic - solutie 0,9% NaCl (de la 3,9% la 5,2%) sau solutie 5% glucoza (de la 4,4% la 5,1%).

Fractia de gel prezinta valori de peste 95% pentru toate probele si variaza neuniform cu max. 0,9% la modificarea cantitatii de amidon.

Densitatea de reticulare determinata utilizand ecuatia Flory-Rehner prezinta o crestere de la 0,67x10⁻⁴mol/cm³ la 0,79x10⁻⁴mol/cm³ odata cu cresterea cantitatii de amidon, indicand faptul ca are loc o ranforsare a amestecurilor.

Dupa iradierea probelor cu 1, 2 si respectiv 3 iradiere cu doze de 2,5 Mrad care pot fi corespunzatoare unor sterilizari succesive, apar **modificari ale caracteristicilor** astfel: (a) *proprietatile fizico-mecanice* prezinta valori bune, cu modificari ale caracteristicilor de max. 25%: (duritatea creste de la 35°ShA la 38°ShA, elasticitatea se modifica intre 24%-30%, rezistenta la rupere prezinta valori bune de 5,6-7,3 N/mm², alungirea la rupere este de 707-800% si rezistenta la sfasiere prezinta variatii intre 11-14 N/mm); (b) are loc o *imbunatatire a comportarii compozitelor in diferite medii lichide* cum ar fi: apa (variatia masei scade de la 3,86% la 3,52%), ser fiziologic - solutie 0,9% NaCl (de la 5,2% la 4%) sau solutie 5% glucoza (de la 4,3% la 4%). *Densitatea de reticulare* crestere de la 0,79x10⁻⁴mol/cm³ la 1,07 x10⁻⁴mol/cm³ odata cu cresterea dozei de iradiere, indicand faptul ca in urma procesarii cu electroni accelerati, ponderea reactiilor de reticulare este mai mare decat cea a reactiilor de degradare/scindare. Acest lucru a fost evaluat cantitativ prin determinarea raportului dintre ponderea reactiilor de reticulare in raport cu cele de scindare, utilizand ecuatia Charlesby-Pinner [A. Charlesby, S.H. Pinner, *Analysis of the solubility behaviour of irradiated polyethylene and other polymers, Proc. Royal Soc. London, 249A (1959) 367-386*]. Pentru toate compozitele analizate, s-a observat faptul ca ponderea reactiilor de reticulare este mai mare decat cea a celor de scindare si se imbunatatesc pe masura ce creste cantitatea de amidon din compozit, sugerand o stabilitate buna a materialului compozit la cresterea dozei de iradiere cu electroni accelerati. Deci pentru probele pe baza de cauciuc natural si amidon plastifiat, dupa 3 iradiere succesive cu doze de 2,5 Mrad nu apar degradari ale probelor, si in plus, se observa chiar o imbunatatire a unor caracteristici.

Exemplul 2. *Materiale din cauciuc natural si 60 phr amidon plastifiat cu rezistenta crescuta la radiatii obtinute prin procesare cu electroni accelerati*

Materialele utilizate au fost similare cu cele prezentate in exemplul 1.

S-a realizat o proba care contine 60 phr amidon plastifiat cu glicerina, care s-a comparat cu o proba martor (fara amidon).

Etapele procesului tehnologic si parametrii de lucru sunt identici cu cei prezentati in exemplul anterior.

Proprietatile fizico-mecanice se modifica la proba care contine 60 phr amidon plastifiat fata de cea martor astfel: (a) duritatea creste (de la 25°ShA la 41°ShA), elasticitatea scade (de la 30% la 26% ca urmare a ranforsarii amestecului, (b) rezistenta la rupere (4,5-5 N/mm²) si alungirea la rupere (773-793) nu prezinta modificari semnificative.

Rezistenta la actiunea lichidelor depinde de comportarea componentilor amestecurilor in mediile de imersie; astfel, caucicul natural este hidrofob iar amidonul are un caracter hidrofil, si prin urmare, la proba care contine amidon in amestecuri, are loc o crestere a variatiei masei in: apa (de la 2,9% la 7,1%), ser fiziologic - solutie 0,9% NaCl (de la 3,9% la 6,4%) sau solutie 5% glucoza (de la 2% la 5,9%).

Fractia de gel prezinta valori de peste 95% pentru ambele probele. **Densitatea de reticulare** determinata utilizand ecuatia Flory-Rehner prezinta o crestere de la $0,67 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^3$ la $0,83 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^3$ odata cu cresterea cantitatii de amidon, indicand faptul ca are loc o ranforsare a amestecurilor.

Dupa **iradierea probelor** cu 1, 2 si respectiv 3 iradiieri cu doze de 2,5 Mrad care pot fi corespunzatoare unor sterilizari succesive, apar **modificari ale proprietatilor fizico-mecanice** similare cu cele observate in exemplul 1, astfel: duritatea creste de la 41°ShA la 46°ShA, elasticitatea se modifica intre 24%-30%, rezistenta la rupere prezinta valori bune de 4,5-5,8 N/mm², alungirea la rupere este de 693-773% si rezistenta la sfasiere prezinta variatii intre 10-13 N/mm. Au loc modificari de max. 22 % ale comportarii materialului in diferite medii lichide cum ar fi: apa (variatiile masei scade de la 7,1% la 6,9%), ser fiziologic - solutie 0,9% NaCl (6,3% -7,7%) sau solutie 5% glucoza (5,9%-6,7%). **Densitatea de reticulare** crestere de la $0,79 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^3$ la $1,07 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^3$ odata cu cresterea dozei de iradiere. Evaluand comportarea la iradiere a probei utilizand ecuatia Charlesby-Pinner, s-a observat faptul ca ponderea reactiilor de reticulare este mai mare decat cea a celor de scindare, sugerand o stabilitate buna a materialului compozit la cresterea dozei de iradiere cu electroni accelerati. Deci, produsele finite pot fi reesterilizate dupa utilizare de minimum 3 ori prin iradiere cu 2,5 Mrad.

Revendicări:

1. Materiale elastomerice pe baza de cauciuc natural cu rezistenta crescuta la radiatii realizate conform invenției **caracterizate prin aceea că**, sunt compounduri polimerice cu următoarea compoziție: 95-100 parti in greutate de cauciuc natural, 0-5 parti in greutate compatibilizator, 0,5 pana la 60 parti la 100 parti de cauciuc (phr) agent de ranforsare de tip amidon plastifiat, 0-3 phr plastifiant polietilen glicol PEG 4000, 0-1 phr antioxidant, 0,2-2 phr peroxid, 0-3 phr monomer polifunctional si alte ingrediente.
2. Procedeu de obtinere a materialelor elastomerice conform revendicarii 1 **caracterizat prin aceea ca** utilizeaza tehnica amestecarii pe utilaje specifice industriei de prelucrare a cauciucului (valt sau malaxor Brabender), iar produsele finite se obtin prin reticulare in doua etape: in prima etapa se realizeaza o prevulcanizare in presa la temperaturi de 150-170°C utilizand cantitati reduse de peroxid in prezenta unui monomer polifunctional, iar in a doua etapa are loc finalizarea reticulării prin iradiere cu electroni accelerati la doze de 2,5 Mrad, cand se finalizeaza reticularea si se obtin bunuri de consum din cauciuc sterile, cu proprietăți adecvate domeniului de utilizare.
3. Materiale elastomerice pe baza de cauciuc natural obtinute conform revendicarilor 1 si 2, **caracterizate prin aceea că**, sunt destinate obținerii unor articole din cauciuc cu aplicatii în medicina, industria alimentara, industria farmaceutica, dar si la obtinerea de diferite bunuri de consum din cauciuc pentru instalatiile care lucreaza cu surse de radiatii ionizante sau pentru alte domenii: constructii, agricultura, industrie, transporturi etc. Produsele finite pot fi reesterilizate dupa utilizare de minimum 3 ori prin iradiere cu 2,5 Mrad.