



UDK 665.664

ORCID: 0009-0008-2010-1905

POLIMER OLTINGUGURT OLIH VA UNING ISTIQBOLLARI

Mahmadullaev Jasurbek Odiljon o‘g‘li,

Toshkent kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot institut doktranti

Djalilov Abdulahat Turapovich.

O‘zR fanlar akademiyasi akademigi, Kimyo fanlar doktor, professor

Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot instituti direktori.

Sottiqulov Elyor Sotimboyevich ,

Texnika fanlari doktr, katta ilmiy xodim Toshkent kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot

instituti yetakchi ilmiy xodimi

e-mail:elyor-s88@mail.ru

[tel: +998994307914](tel:+998994307914)

ANNOTATSIYA. Mazkur maqolada polimer oltingugurt olish texnologiyalari bo‘yicha patentlarning tahlili keltirilgan. Polimer oltingugurt an‘anaviy oltingugurtga nisbatan yuqori mustahkamlik, kimyoviy barqarorlik va ekologik xavfsizlik kabi ustunliklarga ega bo‘lib, uni qurilish, rezina va shina sanoati, hamda boshqa texnologik jarayonlarda qo‘llash imkoniyatlari muhokama qilingan. Patent ma‘lumotlariga asoslanib, polimer oltingugurt ishlab chiqarishning samarali usullari, reaksiya sharoitlarini optimallashtirish usullari va qo‘llanilayotgan modifikatorlar tahlil qilinadi. Shuningdek, maqolada ishlab chiqarish jarayonining ekologik ta‘sirini kamaytirish va iqtisodiy samaradorligini oshirishga qaratilgan yondashuvlar ham ko‘rib chiqiladi. Tahlillar natijasida so‘nggi patentlarda innovatsion polimerizatsiya usullaridan foydalanish va mahsulot sifati hamda termostabilligini yaxshilashga qaratilgan tendensiyalar aniqlangan.

Kalit so‘zlar: olimer oltingugurt, oltingugurt polimerizatsiyasi, sopolimerizatsiya, termik barqarorlik, vulkanizatsiya agenti, ekologik xavfsizlik, kimyoviy modifikatsiya, erimaydigan oltingugurt, oltingugurtli beton, rezina sanoati, mikroapsulalash, modifikatsiyalangan oltingugurt

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ СЕРЫ И ЕЁ ПЕРСПЕКТИВЫ

АННОТАЦИЯ. В данной статье представлен анализ патентов, относящихся к технологиям получения полимерной серы. Полимерная сера обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционной серой, такими как высокая прочность,

химическая стабильность и экологическая безопасность. Рассматриваются возможности её применения в строительстве, резино-технической и шинной промышленности, а также в других технологических процессах. На основе патентных данных проанализированы эффективные методы производства полимерной серы, способы оптимизации условий реакции и применяемые модификаторы. Также в статье рассмотрены подходы, направленные на снижение экологического воздействия производственного процесса и повышение его экономической эффективности. В результате анализа выявлены современные тенденции в патентных разработках, связанные с использованием инновационных методов полимеризации, улучшением качества продукции и повышением её термостабильности.

Ключевые слова: полимерная сера, полимеризация серы, сополимеризация, термическая стабильность, вулканизирующий агент, экологическая безопасность, химическая модификация, нерастворимая сера, серный бетон, резиновая промышленность, микрокапсулирование, модифицированная сера.

POLYMER SULFUR PRODUCTION AND ITS PROSPECTS

ANNOTATION. This article presents an analysis of patents related to polymer sulfur production technologies. Polymer sulfur has several advantages over traditional sulfur, such as high strength, chemical stability, and environmental safety. The possibilities of its application in construction, rubber, and tire industries, as well as other technological processes, are discussed. Based on patent data, effective methods for polymer sulfur production, approaches to optimizing reaction conditions, and the modifiers used are analyzed. Additionally, the article examines strategies aimed at reducing the environmental impact of the production process and improving its economic efficiency. As a result of the analysis, recent patent trends have been identified, focusing on the use of innovative polymerization methods, improving product quality, and enhancing thermal stability.

Keywords: polymer sulfur, sulfur polymerization, copolymerization, thermal stability, vulcanizing agent, environmental safety, chemical modification, insoluble sulfur, sulfur concrete, rubber industry, microencapsulation, modified sulfur.

KIRISH

Polimer oltingugurt – bu an’anaviy oltingugurtning fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash maqsadida polimerizatsiya jarayoni orqali o‘zgartirilgan shakli bo‘lib, uning mustahkamligi va barqarorligi sezilarli darajada oshirilgan. Ushbu material qurilish, yo‘l qurilishi va ekologik muammolarni hal qilish kabi sohalarda istiqbolli hisoblanadi. So‘nggi yillarda polimer oltingugurt ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar olib borilmoqda, bu esa uning qo‘llanilish doirasini kengaytirish imkonini beradi. Rezina sanoatida vulqonlovchi agent sifatida asosan polimer oltingugurtdan

foydalaniladi. Bu asosan olinadigan rezinani xossalariga ta'sir qiladi. Shu sababli polimer oltingugurt olish respublikamiz kimyo sanoati uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

“Oltingugurt polinitridini olish usuli” da oltingugurtning polinitrid shakliga aylantirish jarayoni bayon etilgan. Ushbu usulda an'anaviy reaktivlar o'rniga, kumush sulfidi ishlatiladi, natijada, yuqori sifatli polinitrid oltingugurti hosil bo'lib, u turli sohalarda, xususan, kimyoviy texnologiya va materialshunoslikda keng qo'llanilishi mumkin [1].

“Polimer aralashmasini shakllantirish usuli” da polimer aralashmalarini shakllantirishning yangi usuli tasvirlangan. Ushbu usulda polimer aralashmasi maxsus sharoitlarda qizdirilib, keyin sovutiladi, bu esa materialning sifatini oshirishga yordam beradi. Natijada, polimer mahsulotlarining mustahkamligi va chidamliligi yaxshilanadi [2].

“Erimaydigan oltingugurt olish usuli” da eritilmaydigan oltingugurt olish texnologiyasi bayon etilgan. Ushbu usul polimerlash jarayoni orqali yuqori sifatli, mexanik va kimyoviy ta'sirlarga chidamli oltingugurt olish usuli keltirilgan. Patentda berilgan texnologiya yordamida olinadigan oltingugurtning erituchiga chidamliligi oshirilgan bo'lib, bu uni yuqori haroratli va agressiv kimyoviy muhitlarda ishlatish imkoniyatini yaratadi. Bu usul orqali olingan material yuqori elastiklik, mustahkamlik va uzoq muddat xizmat qilish xususiyatlariga ega bo'lib, uni avtomobilsozlik, qurilish va sanoat yopishtiruvchi materiallari ishlab chiqarishda qo'llash imkonini beradi [3].

“Polimer oltingugurt olish usuli” da polimer shakldagi oltingugurt sintez qilish texnologiyasi bayon etilgan. Ushbu usulda oltingugurtning polimerlash maxsus sharoitlarda amalga oshiriladi, bu esa olingan mahsulotning fizik va kimyoviy xususiyatlarini yaxshilaydi. Natijada, polimer oltingugurt turli sanoat tarmoqlarida, jumladan, rezina ishlab chiqarish, qoplamalar va boshqa materiallarda qo'llash imkonini beradi. Ushbu usul an'anaviy usullarga nisbatan samaraliroq bo'lib, mahsulot sifatini oshiradi va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi [4].

Polimer oltingugurt ishlab chiqarish usuli gaz xomashyosi asosida amalga oshirilib, shina sanoati, gaz va neft-kimyo sanoatida qo'llash uchun mo'ljallangan. Jarayon oltingugurt dioksidi va vodorod sulfidi reaksiyasini suvli natriy xlorid eritmasi muhitida o'tkazish orqali amalga oshiriladi. Dastlab, reaktor 5-25% konsentratsiyali natriy xlorid eritmasi bilan to'ldiriladi va SO₂ bilan to'yingan holga keltiriladi. Keyin vodorod sulfidi kiritilib, reaksiya orqali yuqori dispersiyali oltingugurt hosil qilinadi. So'ngra eritmaga 0,1-5,0% massada vodorod peroksid qo'shib, 20-70°C haroratda kristallizatsiya jarayoni tezlashtiriladi. Natijada, polimer oltingugurt cho'kib, eritmadan filtrlanadi va ortiqcha moddalar ekstraksiya qilinadi. Ushbu texnologiya reaksion muhitning korrozivligini kamaytirib, ishlab chiqarish jarayonini soddalashtiradi va yuqori dispersiyali hamda kam kislotalilikka ega mahsulot olish imkonini beradi. Olingan oltingugurt neft-gaz sanoati va vulkanizatsiya jarayonlarida keng qo'llanilishi mumkin [5].

Polimer oltingugurt ishlab chiqarish usuli oltingugurtning termostabilligini oshirishga qaratilgan bo'lib, kimyo sanoatida va shina ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Jarayon avval

oltingugurti eritib, uni eruvchan va erimaydigan fraksiyalarga ajratishdan boshlanadi. Keyinchalik, eritmada eruvchan fraksiya tetrakloretilen yordamida ekstraktsiya qilinadi, natijada polimer oltingugurt ajratib olinadi. Stabilizatsiya qilish uchun polimer oltingugurt organik erituvchi (C_5 - C_8) bilan aralashtiriladi va 0,01-0,5% massada stabilizator qo‘shiladi. Stabilizator sifatida p-alkilfenol, 2,6-di-tret-butil-4-metilfenol, trioxybenzol yoki m-digidrooksibenzol ishlatiladi. Agar yakuniy mahsulot yog‘ bilan to‘ldirilgan shaklda kerak bo‘lsa, polimer oltingugurtga “Stabiloyl-18” moyi va stabilizator eritmasi qo‘shiladi. Aralashma 40-60°C haroratda saqlanadi va erituvchi to‘liq bug‘langunga qadar kutiladi. Natijada hosil bo‘lgan polimer oltingugurtning termostabilligi 114-128°C gacha oshadi, bu esa uning mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi va yuqori haroratga chidamli bo‘lishini ta’minlaydi [6].

Yana bir polimer oltingugurt ishlab chiqarish usuli vodorod sulfidi gazlarini qayta ishlash orqali yuqori sifatli oltingugurt olishga asoslangan. Ushbu texnologiya rezina va shina sanoatida qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan mahsulot ishlab chiqarishga mo‘ljallangan. Jarayon vodorod sulfidi tarkibidagi gazni havodagi kislorod bilan 1:0,47–0,49 hajmiy nisbatda aralashtirib, 300–320°C haroratda oksidlovchi alyumo-magniy-xrom katalizator qatlamida reaksiyaga kiritishni o‘z ichiga oladi. Katalizator tarkibida 16–18% xrom oksidi, 4,2–5,4% magniy oksidi va qolgan qismi alyuminiy oksididan iborat. Reaksiya natijasida hosil bo‘lgan oltingugurt bug‘lari tez sovutilib, polimer oltingugurt hosil qiladi. Ushbu texnologiya jarayon davomida hosil bo‘ladigan oltingugurt polimerizatsiyasini oshirib, yakuniy mahsulotning sifatini yaxshilaydi. Natijada polimer oltingugurt ishlab chiqarishning energetik samaradorligi oshadi, gaz chiqindilari kamayadi va yuqori hosildorlikka erishiladi. Shuningdek, bu usul qo‘shimcha eritish va bug‘lantirish bosqichlarini talab qilmaydi, bu esa ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi va ekologik xavfsizlikni ta’minlaydi [7].

Boshqa bir patentda polimer oltingugurt ishlab chiqarish usuli yuqori molekulali polimer oltingugurt olish uchun mo‘ljallangan bo‘lib, u rezina va shina sanoatida vulkanizatsiya agenti sifatida qo‘llaniladi. Ushbu usulda dastlab oltingugurt maydalanadi yoki suyuqlanish jarayonida yuqori dispersiyali gidrofob kremniy dioksidi (0,1-1,0%) qo‘shiladi. Eritish jarayoni 1-2% massadagi geksaxlorparaksilol ishtirokida 110-150°C haroratda 20-40 daqiqa davomida amalga oshiriladi. Keyin eritma 210°C gacha qizdirilib, 30-40 daqiqa ushlab turiladi va tez sovutiladi. So‘ngra, mahsulot maydalangan holda organik erituvchilar yordamida ekstraktsiya qilinadi. Ushbu texnologiya polimer oltingugurt hosil bo‘lish jarayonini tezlashtirib, 72-90% mahsulot olish imkonini beradi, shuningdek, uning termostabilligini oshiradi [8].

Polimer oltingugurti ishlab chiqarish usuli haqida so‘z boruvchi patentda esa oltingugurti suyuqlantirish, stabilizator bilan aralashtirish va doimiy aralashtirish sharoitida uning haroratini suyuqlanish haroratidan yuqori darajaga yetkazish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. So‘ngra suyuqlanma havo oqimi yordamida vakuum yordamida mayda tomchilarga ajratiladi va atmosfera havosida sovutiladi. Sovutish jarayoni yuqori tezlikda amalga oshirilib, 4×10^4 dan 1×10^5 °C/s gacha yetadigan harorat pasayishi bilan tavsiflanadi. Ushbu usul polimer

oltingugurt hosil bo‘lish jarayonini tezlashtirib, uning barqarorligi va termik chidamliligini oshirishga yordam beradi. Olingan mahsulotning tuzilishi va xususiyatlari ishlab chiqarish parametrlariga bog‘liq bo‘lib, sovutish tezligi katta ahamiyat kasb etadi. Ushbu texnologiya yuqori sifatli polimer oltingugurt olish imkonini berib, uni sanoatning turli sohalarida, xususan, rezina va shina ishlab chiqarish hamda qurilish materiallari tayyorlashda qo‘llashga imkon yaratadi [9].

Olimer oltingugurtni ishlab chiqarish usuli siklik shakildagi oltingugurt stabilizator ishtirokida termik polimerlash va keskin sovutish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Sovutish jarayoni $-20...-40^{\circ}\text{C}$ haroratda 4-6 soat davomida amalga oshiriladi. Sovutish muhiti sifatida 35-40% li kaltsiy xlorid eritmasi ishlatiladi, bu eritma tarkibida 1,0-1,5% vodorod peroksidi mavjud bo‘ladi. Sovutish muhiti va oltingugurt massa nisbatda 8-10:1 qilib qo‘llaniladi. Ushbu usul polimerlash jarayonini soddalashtirib, sovutish muhitining hajmini kamaytiradi va jarayon davomiyligini qisqartiradi [10].

Yana bir polimer oltingugurtni ishlab chiqarish usulida qurilish materiallari, xususan, oltingugurtli beton va oltingugurt-asfaltbeton tayyorlash uchun mo‘ljallangan. Ushbu usulda suyuqlangan oltingugurt $120-135^{\circ}\text{C}$ haroratda reaktorga yuboriladi, so‘ngra 0,001-0,005% massada ammiak va/yoki kaliy tuzlari kiritilib, 5-10 daqiqa davomida aralashtiriladi. Keyin reaksiya muhitiga 5-etiliden-2-norbornen qo‘shilib, 20-50 daqiqa davomida aralashtiriladi. Natijada modifikatsiya jarayoni qaytarilmas bo‘lib, polimer zanjirlar barqarorligi ta‘minlanadi va mahsulotning termik va kimyoviy chidamliligi oshadi. Bu texnologiya oltingugurtning an‘anaviy shakllaridan farqli o‘laroq, uning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi, deformatsiya kamayadi va materialning uzoq muddatli mustahkamligi oshadi. Modifikatsiyalangan oltingugurt beton va asfaltbetonning siqilish va egilish kuchini oshirib, uning chidamliligini yaxshilaydi, ayniqsa, transport va gidrotexnika inshootlarida qo‘llash uchun muhim hisoblanadi. Bu jarayon energiya sarfini kamaytirib, ekologik jihatdan xavfsizroq ishlab chiqarish imkonini yaratadi [11].

Polimer oltingugurtni olish usuli oltingugurt va ditsiklopentadienni sopolimerlash jarayoniga asoslangan. Ushbu jarayonda oltingugurt 0,1-0,5% massadagi galogen yoki uning hosilalari ishtirokida sopolimerlanadi. Oltingugurt va galogen avval reaksiya muhitiga qo‘shiladi, so‘ngra disiklopentadien kiritiladi. Birinchi bosqich $130-145^{\circ}\text{C}$ haroratda 10-45 daqiqa davom etib, emulgatorda 700-1500 aylanish/daqiqada aralashtiriladi. Ikkinchi bosqich esa $130-145^{\circ}\text{C}$ da 30-90 daqiqa davom etib, 10-100 aylanish/daqiqada aralashtiriladi. Hosil bo‘lgan mahsulot 10°C gacha sovutiladi, maydalanadi va kriogen usulda maydalanadi. Ushbu usul texnologiyani soddalashtirib, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi [12].

Polimer oltingugurtni ishlab chiqarish usuli texnik oltingugurt maydalash, uni suyuqlanish haroratigacha qizdirish va ditsiklopentadien qo‘shish bilan aralashtirish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Aralashtirish jarayoni ikki bosqichda olib boriladi: birinchi bosqichda disiklopentadien teng ulushlarda va bir xil vaqt oralig‘ida qo‘shiladi, ikkinchi bosqichda esa harorat oshirilib, 140°C darajasidan oshmasligi ta‘minlanadi. Ikkinchi bosqich

tugatilgandan so‘ng, suyuqlanma 15-35°C da sovitiladi va 0,5-1,0 mm dispersiyaga ega bo‘lgan monolit hosil qilinadi. Ushbu patentlashtirilgan usul polimer oltingugurt ishlab chiqarishni soddalashtirib, uni qurilish materiallari va yo‘l qoplamalarida qo‘llash imkoniyatini kengaytiradi [13].

Polimer oltingugurtning aniqlash usuli eritilgan oltingugurtning brom yoki geksaxlorparaksilol bilan o‘zaro ta’siri natijasida hosil bo‘lgan mahsulotni tahlil qilishga asoslangan. Jarayon suyuqlanmani tez sovitish va polimer oltingugurt hosil qilishni o‘z ichiga oladi. Aniqlash usuli polimer oltingugurtning presslash orqali 0,05-0,1 mm qalinlikdagi yupqa plyonka hosil qilish, uni 4-5 soat davomida qotirish, so‘ngra maydalash va organik erituvchi yordamida ekstraksiya qilish bosqichlaridan iborat. Ushbu texnologiya jarayonni sezilarli darajada tezlashtirib, tahlilning aniqligi va samaradorligini oshiradi. Usul, ayniqsa, kauchuk vulkanizatsiyasi, shina va rezina sanoatida sifat nazorati uchun muhim ahamiyatga ega. Polimer oltingugurtning tez aniqlanishi ishlab chiqarish jarayonlarida samarali monitoring olib borish imkonini beradi, bu esa mahsulotning fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilashga xizmat qiladi [14].

Polimer oltingugurtning olish usuli oltingugurtning suyuqlanish haroratidan yuqori haroratda qizdirish, modifikatorlar qo‘shish, reaksiya massani aralashtirish va sovutish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Ushbu usulning o‘ziga xosligi shundaki, aralashtirish jarayonida gidroakustik qurilma qo‘llaniladi. Gidroakustik maydonlarning tebranish chastotasi 15 Gts dan 20 kGts gacha yoki undan yuqori bo‘lishi mumkin. Aralashtirish jarayoni turbulent yoki turbulent-laminar rejimlarda olib boriladi. Jarayonda ortiqcha harorat tashqi va/yoki ichki issiqlik chiqarish usullari bilan boshqariladi. Ushbu texnologiya polimer oltingugurt hosil qilish jarayonini optimallashtirib, mahsulotning xususiyatlarini yaxshilash imkonini beradi [15].

Polimer oltingugurtning ishlab chiqarish usuli yuqori termostabillikka ega mahsulot olishga yo‘naltirilgan bo‘lib, u shina sanoatida qo‘llanilishi mumkin. Ushbu texnologiya oltingugurtning eritish, modifikatorlarni kiritish va reaksiya massasi aralashtirish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Aralashtirish turbulent rejimda gidroakustik maydon ta’sirida, 15 Gts – 20 kGts chastotada amalga oshiriladi. Reaksiya massasi ikki qismga bo‘linib, bir qismi qayta aralashtirish uchun yuboriladi, ikkinchi qismi esa erituvchi bilan aralashtirish uchun reaktorga yo‘naltiriladi. Bu bosqichda erituvchi issiqlikni chiqarib tashlash uchun ishlatiladi, bu esa mahsulotning sifatini oshirishga yordam beradi. Yakuniy bosqichda hosil bo‘lgan mahsulot sovutiladi va zarrachalar hajmi 0,2-4 mm diapazonda bo‘lgan qattiq modda shaklida olinadi. Ushbu usul polimer oltingugurt ishlab chiqarish jarayonining samaradorligini oshirib, jarayonni uzluksiz bajarish imkonini yaratadi. Shu bilan birga, u energiya sarfini kamaytirib, yuqori samaradorlikni ta’minlaydi va mahsulotning barqarorligini oshiradi [16].

Polimer oltingugurtning ishlab chiqarish usuli kristallik oltingugurtning stabilizator ishtirokida eritish, keyinchalik kristallizatsiya qilish, maydalash, organik erituvchida ekstraksiya qilish va quritish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Stabilizator sifatida geksol XPI va rezorsinning 2,5-3,5% massa nisbati ishlatiladi, oltingugurt esa 93-95% tashkil etadi.

Suyuqlanish jarayoni 290-330°C haroratda olib borilib, 2-4 soat davomida ushlab turiladi. Keyin suyuqlanma po‘lat transport lentalarida, -15°C dan 2°C gacha haroratda, 30% li glitserin eritmasida sovutiladi. Ekstraksiya bosqichida esa serouglerod yoki toluol erituvchilaridan foydalaniladi. Ushbu usul polimer oltingugurtning 90-97% gacha yuqori termostabilligini va mahsulot unumini oshirishga imkon beradi [17].

Polimer oltingugurt asosida ishlab chiqarilgan uch o‘lchamli gibrid sopolimerlar elektr o‘tkazuvchi va o‘tkazmaydigan polimer bloklaridan iborat bo‘lib, ularning tarkibiy kompozitsiyalari katod materiallari sifatida ishlatilishi mumkin. Ushbu texnologiya litiy-ion batareyalarida qo‘llaniladi va ularning energiya sig‘imini sezilarli darajada oshirishga yordam beradi. Sopolimer tuzilma polianilinning uch o‘lchovli zanjiri bilan bog‘langan bo‘lib, u tarkibida oksidlangan oltingugurt atomlari va elementar oltingugurt o‘z ichiga oladi. Ushbu innovatsion materiallar litiy-ion batareyalarining zaryadlash va razryadlash sikllarining sonini oshirib, ikkilamchi elektrokimyoviy tizimlarning qayta tiklanish qobiliyatini oshirishga yordam beradi. Natijada, ushbu sopolimer asosida tayyorlangan katod materiallari 900 A·h/kg dan yuqori sig‘imga ega bo‘lib, ular an’anaviy katod materiallariga nisbatan yuqori samaradorlik va barqarorlikni ta’minlaydi. Ushbu texnologiya elektr transport vositalari, qayta tiklanadigan energiya manbalari va yuqori samarali energiya akkumulyator tizimlarida qo‘llash uchun istiqbolli material hisoblanadi [18].

Polimer oltingugurt ishlab chiqarish usuli gazsimon oltingugurt maydalash va uni sanoat jarayonlarida qo‘llash uchun mo‘ljallangan. Usul avval suyuq oltingugurt 140-145°C gacha qizdirish, so‘ngra uni 150-250 g/t nisbatda ammiak karbonati bilan aralashtirishni o‘z ichiga oladi. Ushbu jarayon 30-40 daqiqa davom etadi, natijada oltingugurtning tarkibida vodorod sulfidi miqdori kamayib, barqaror struktura hosil bo‘ladi. Keyin oltingugurt 120°C gacha sovitiladi va barabanli kristallizator orqali mayda donador shaklga keltiriladi. Hosil bo‘lgan mahsulot 6-8 soat davomida ochiq havoda sovutiladi, so‘ngra maxsus sovutish uskunasi bilan jihozlangan maydalagichda azot-havo aralashmasi oqimida maydalanadi. Natijada mahsulot zarrachalari 0,5-1,0 mm hajmga ega bo‘ladi, bu esa uning fizik-mexanik barqarorligini oshiradi. Yakuniy mahsulot shnek mikserida maxsus moy bilan 2-8% nisbatda aralashtiriladi, bu esa uning saqlash jarayonida bir-biriga yopishishini oldini oladi. Ushbu usul yuqori sifatli mayda fraksiyali oltingugurt olish imkonini berib, uni shina va rezina sanoatida vulkanizatsiya agenti sifatida ishlatish uchun moslashtiradi [19].

Polimer oltingugurt ishlab chiqarish usuli oltingugurt va disiklopentadienni sopolimerlash jarayoniga asoslangan bo‘lib, u vulkanlovchi agenti sifatida rezina va shina sanoatida qo‘llaniladi. Reaksiya ikki bosqichda amalga oshiriladi: dastlab, oltingugurt va disiklopentadien 1:(6-8) nisbatda aralashtiriladi va 130-145°C haroratda 30-40 daqiqa davomida aralashtiriladi. Keyin hosil bo‘lgan aralashma 82-85°C gacha sovutilib, uchinchi bosqichda 135-150°C gacha qizdiriladi va 60 daqiqa davomida aralashtiriladi. Yakuniy mahsulot to‘liq qotib, 130-135°C haroratda 15-20 daqiqa davomida termik ishlov beriladi. Ushbu texnologiya polimer oltingugurtning kimyoviy barqarorligini oshirib, uning

vulkanizatsiya jarayonida samaradorligini oshiradi. Sopolimerizatsiya jarayoni natijasida hosil bo‘lgan mahsulot yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo‘lib, rezina va shina sanoati uchun mos keladi. Texnologiyaning o‘ziga xosligi ortiqcha issiqlik ajralishini kamaytirish va reaksiyaning to‘liq amalga oshirishini ta‘minlash orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirishdan iborat [20].

Polimer oltingugurtni ishlab chiqarish usuli mikrokapsulali oltingugurt olishga asoslangan bo‘lib, u vulkanlash agenti sifatida rezina va shina sanoatida qo‘llaniladi. Usul avval oltingugurt dispersiyalash bosqichidan boshlanadi, bunda sovutilgan smolali eritma (ϵ -kaprolaktam va N-izopropil-N'-fenil-n-fenilendiamin aralashmasi) dispersiya muhitini tashkil qiladi. Bu eritmaga 35-40% nisbatda oltingugurt va 20-30% polivinilxlorid qo‘shilib, pasta hosil qilinadi. So‘ngra, pastaning yopishqoqligi barqaror holatga yetguncha aralashtiriladi va plastizol hosil bo‘ladi. Plastizolni xona haroratida yetiltirish orqali uning yopishqoqligi oshiriladi, keyinchalik $100 \pm 5^\circ\text{C}$ haroratda 1 soat davomida jelatizatsiya qilinadi. Hosil bo‘lgan qattiq mahsulot sovutilib, maydalanadi. Ushbu texnologiya polimer oltingugurtning fizik-mexanik barqarorligini oshirib, uning rezina va shina sanoatida ishlatiladigan vulkanizatsiya jarayonlaridagi samaradorligini oshirishga yordam beradi. Mikrokapsulali oltingugurt yuqori termik barqarorlik va kimyoviy chidamlilikka ega bo‘lib, kauchuk tarkibida bir tekis taqsimlanishi va elastiklikni yaxshilashi bilan ajralib turadi [21].

Xulosa

Polimer oltingugurt ishlab chiqarish bir qancha texnologik usullar orqali amalga oshiriladi. An‘anaviy yondashuvlarda oltingugurt yuqori haroratda suyuqlantirib, keskin sovitish natijasida polimer (zanjirli) shaklga keltiriladi; mahsulotning barqarorligini oshirish maqsadida jarayonda maxsus stabilizatorlar qo‘shiladi. Hozirgi vaqtda vodorod sulfidi va oltingugurt (IV) oksidi (SO_2) kabi gaz aralashmalarini o‘zaro reaksiyaga kiritib, kimyoviy cho‘ktirish yo‘li bilan polimer oltingugurt olish usullari ham qo‘llanmoqda. Bundan tashqari, oltingugurt organik birikmalar (masalan, ditsiklopentadien) bilan sopolimerlash yoki uni mikrokapsulalash orqali barqaror dispersiyali polimer oltingugurt olish kabi innovatsion texnologiyalar rivojlanmoqda. Patentlar tahlili so‘nggi yillarda ushbu sohada bir nechta asosiy tendensiya shakllanganini ko‘rsatadi: polimer oltingugurtning termik va kimyoviy barqarorligini oshirish, yuqori dispersiyali mahsulot olish hamda jarayonlarni uzluksiz va samaraliroq qilish eng ustuvor yo‘nalishlar sirasiga kiradi. Ko‘plab ixtirolar aynan vulkanizatsiya uchun mo‘ljallangan “erimaydigan” oltingugurt ishlab chiqarishga qaratilib, bunda mahsulot sifatini yaxshilash va tannarxni pasaytirish maqsadi kuzatiladi.

Patent hujjatlari polimer oltingugurt ishlab chiqarish jarayonlarining ekologik va iqtisodiy samaradorligiga alohida e‘tibor qaratilayotganini ko‘rsatadi. Zamonaviy usullar natijasida energiya sarfi kamayib, jarayonning uzluksizligi oshmoqda hamda chiqindilar minimallashtirilmoqda.

Masalan, ayrim patentlarda ortiqcha texnologik bosqichlarni qisqartirish orqali ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytirish va atrof-muhitga salbiy ta‘sirni kamaytirish imkoniyati

ta’kidlangan. Polimer oltingugurtning amaliy qo‘llanilish sohalari ham tobora kengayib bormoqda: u rezina va shina sanoatida vulkanizatsiya agenti sifatida, maxsus qurilish materiallarida (oltingugurtli beton va asfaltbeton tarkibida) hamda sanoat yopishtiruvchi materiallari ishlab chiqarishda muvaffaqiyat bilan qo‘llanilmoqda. An’anaviy oltingugurtga nisbatan yuqori termik barqarorlik va chidamlilikka ega bo‘lgan ushbu polimer materiallar turli ekstremal sharoitlarda ham samarali foydalanish imkonini berib, sanoatda keng qo‘llanilayotganini patentlar misolida ko‘rish mumkin.

Kelajakdagi tadqiqotlar va takomillashtirish yo‘nalishlari polimer oltingugurtning xossalarini yanada yaxshilash hamda qo‘llanish doirasini kengaytirishga qaratilgan. Materialning termostabilligini oshirish, ya’ni polimer holatini uzoqroq saqlash va kristallanishning oldini olish, shuningdek uning mikrostrukturasini boshqarish ustida izlanishlar davom etmoqda. Polimer oltingugurtni boshqa polimerlar yoki kimyoviy modifikatorlar bilan biriktirib, yangi yuqori samarali kompozit materiallar olish muhim yo‘nalishlardan biridir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Afanas'ev, A. I., Kislenko, N. N., and Shchukin, S. D. "Process for Preparing Polymeric Sulfur." *SU 1483835 A1*, State Committee for Inventions and Discoveries, 20 May 1996.
2. Korshak, V. V., Berlin, A. A., Kabanov, V. A., Kalinin, V. I., Vol'pin, V. M., & Topchiev, A. V. (1978). Polimer aralashmasini shakllantirish usuli. *SU 603326 A3*, 15.04.1978.
3. Kuzin, A. S., Korshak, V. V., Berlin, A. A., Kabanov, V. A., Kalinin, V. I., Vol'pin, V. M., & Topchiev, A. V. (1981). Eritilmaydigan oltingugurtni olish usuli. *SU 798033 A1*, 23.01.1981.
4. Korshak, V. V., Berlin, A. A., Kabanov, V. A., Kalinin, V. I., Vol'pin, V. M., & Topchiev, A. V. (1980). Polimer oltingugurtni olish usuli. *SU 771021 A1*, 15.10.1980.
5. Kislenko, N. N., Afanas'ev, A. I., Shchukin, S. D., Lipetyukh, L. I., Belyaeva, E. N., and Andreev, L. V. "Method for Production of Polymer Sulfur." *SU 1476778 A1*, State Committee for Inventions and Discoveries, 27 Mar. 1996.
6. Afanas'ev, A. I., Kislenko, N. I., and Shchukin, S. D. "Method for Production of Polymer Sulfur." *SU 1483836 A1*, State Committee for Inventions and Discoveries, 27 Apr. 1996.
7. Ismagilov, F. R. "Method of Polymeric Sulfur Producing." *RU 2056349 C1*, Russian Agency for Patents and Trademarks, 20 Mar. 1996.
8. Smirnov, Aleksandr Vital'evich, Kotel'nikov, V. A., Dikovchenko, S. D., and Nedel'kin, V. I. "Method of Producing Polymeric Sulfur." *RU 2076843 C1*, Russian Agency for Patents and Trademarks, 10 Apr. 1997.
9. Chindjaskin, Vjacheslav Aleksandrovich, and Chindjaskin, Artur Vjacheslavovich. "Method of Production of Insoluble Sulfur and Device for Its Embodiment." *RU 2107657 C1*, Russian Agency for Patents and Trademarks, 27 Mar. 1998.

10. Bogach, E. V., Kuznetsov, A. A., Kulikova, O. A., Mil'gotin, I. M., Mudryj, F. V., Poddubnyj, I. S., Grishin, B. S., Frolikova, V. G., and Jalovaja, L. I. "Method of Production of Polymeric Sulfur." RU 2142406 C1, Russian Agency for Patents and Trademarks, 10 Dec. 1999.
11. Vasil'ev, Jurij Ehmmanuilovich, Motin, Nikolaj Vasil'evich, Pekar', Svetlana Sergeevna, Shubin, Aleksandr Nikolaevich, and Jakobi, Vasilij Vil'gel'movich. "Method of Obtaining Modified Sulphur." RU 2554585 C2, Russian Agency for Patents and Trademarks, 27 June 2015.
12. Tanayants, V. A., Tukay, Evgeniy Arkad'evich, Zozulya, Ivan Ivanovich, Makhoshvili, Yu. A., Bazilevich, Semen Ivanovich, and Eremin, O. G. "Method of Preparing Copolymeric Sulfur." RU 2173690 C2, Russian Agency for Patents and Trademarks, 20 Sept. 2001.
13. Kirillov, V. N., Pronin, B. F., Kamalov, A. D., Arslanova, N. I., Volik, N. I., Chernomyrdin, A. V., Butenko, I. P., and Kachalov, V. V. "Method of Production of Polymeric Sulfur." RU 2196787 C2, Russian Agency for Patents and Trademarks, 20 Jan. 2003.
14. Kuznetsov, A. A., Kulikova, O. A., and Popov, A. N. "Method of Determining Polymer Sulfur." RU 2177609 C2, Russian Agency for Patents and Trademarks, 27 Dec. 2001.
15. Deberdeev, Rustam Yakubovich, Abdrakhmanov, Ildus Barievich, Akhmetkhanov, Rinat Mansarovich, Berlin, Aleksandr Aleksandrovich, Biglova, Raisa Zigandarovna, et al. "Method of Producing Polymeric Sulfur." RU 2003131257 A, Russian Agency for Patents and Trademarks, 20 Apr. 2005.
16. Deberdeev, Rustam Yakubovich, Abdrakhmanov, Ildus Barievich, Akhmetkhanov, Rinat Mansarovich, Berlin, Aleksandr Aleksandrovich, Biglova, Raisa Zigandarovna, Garipov, Rustam Minsagitovich, et al. "Method of Production of Polymer Sulfur." RU 2263631 C2, Russian Agency for Patents and Trademarks, 10 Nov. 2005.
17. Nikitenko, Valerii Anatolevich. "Method of Producing Polymeric Sulfur." RU 2713358 C1, Russian Agency for Patents and Trademarks, 4 Feb. 2020.
18. Trofimov, Boris Aleksandrovich, Mikhaleva, Albina Ivanovna, Mjachina, Galina Firsovna, Mal'kina, Anastasija Grigor'evna, Petrova, Ol'ga Vital'evna, Markova, Marina Viktorovna, and Nosyreva, Valentina Vasil'evna. "Hybrid Three-Dimensional Sulfur Co-Polymers Comprising Conducting and Non-Conducting Polymeric Blocks and Their Compositions with Sulfur Used as Cathode Materials." RU 2275392 C1, Russian Agency for Patents and Trademarks, 27 Apr. 2006.
19. Tanajants, Viktor Azatovich. "Method of Production of the Milled Gaseous Brimstone." RU 2298525 C2, Russian Agency for Patents and Trademarks, 10 May 2007.
20. Tanajants, Viktor Azatovich. "Copolymeric Sulfur Preparation Process." RU 2298019 C2, Russian Agency for Patents and Trademarks, 27 Apr. 2007.
21. Puchkov, Aleksandr Fedorovich, and Spiridonova, Marina Petrovna. "Method of Producing a Vulcanising Agent with Microencapsulated Sulfur." RU 2733722 C1, Russian Agency for Patents and Trademarks, 6 Oct. 2020.