(19) Lietuvos Respublikos valstybinis patentų biuras

(10) **LT 6761 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patento numeris: **6761**

(51) Int. Cl. (2020.01): **B29B 17/00**

(21) Paraiškos numeris: **2019 539**

(22) Paraiškos padavimo data: **2019-12-30**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2020-07-10**

(45) Patento paskelbimo data: **2020-09-10**

(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: —

(72) Išradėjas:

Edward Samuel GELBARD, IL

(73) Patento savininkas:

Hillary Denmark ApS, Havneholmen 29, 1561 Kobenhavn V, DK

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Gediminas PRANEVIČIUS, Advokatų profesinė bendrija IP FORMA, Užupio g.30, LT-01203 Vilnius, LT

LT 6761 B

(54) Pavadinimas:

Mažo tankio polietileno (LDPE) plėvelės gamybos iš panaudotos ir pakartotinai perdirbtos LDPE medžiagos būdas

(57) Referatas:

Išradimas skirtas panaudotų LDPE plėvelės gaminių, tokių kaip plastikiniai atliekų maišai, regeneravimui į tinkamas pakartotinam panaudojimui žaliavas, ypač pakartotiniam maišų gamybos iš 100% perdirbtų LDPE atliekų gamybos būdui. Būdas apima etapus, kuriuose panaudota LDPE medžiaga išrūšiuojama, pašalinant plėvelę su tamsios spalvos spausdinimo dažais, popierines ir metalo folijos etiketes, paruošiamas mišinys, turintis 70% skaidrios ir ne storesnės kaip 35 µm plėvelės ir 30% skaidrios elastinės plėvelės, išrūšiuotos LDPE atliekos išplaunamos šalto plovimo būdu, panaudojant tokias technologijas kaip malimas, plūdrių-skęstančių dalelių separavimas ir plovimas trintimi, išplautos medžiagos susmulkinamos į skiautes ir jos išlydomos, gaunant homogenišką polimero lydalą, gautasis lydalas išfiltruojamas, panaudojant metalinę plokštelę su kūgio formos angomis, kurių dydis yra nuo 90 iki 110 µm, tokiu būdu gautos granulės sumaišomos su priedais ir vėl regranuliuojamos, gaunant galutinai homogenizuotas ir išfiltruotas granules, ir gautosios granulės paduodamos į ekstruzijos liniją, kad būtų gauta galutinė perdirbta plokščios rankovės pavidalo LDPE plėvelė, kurios sienelės storis yra nuo 5,0 iki 7,0 µm.

Išradimo sritis

Išradimas skirtas panaudotų LDPE plėvelės gaminių, tokių kaip plastikiniai atliekų maišai, regeneravimui į tinkamas pakartotiniam naudojimui žaliavas, ypač pakartotiniam maišų gamybos iš 100% perdirbtų LDPE atliekų gamybos būdui.

Išradimo lygis

Plastikinių atliekų maišų rinką galima suskirstyti į dvi pagrindines produktų kategorijas:

- šiukšlių maišai. Jie dažnai gaminami iš 100% polietileno atliekų plėvelių. Šių maišelių sienelių storis paprastai svyruoja nuo 23 iki 35 μm, nors kai kurie maišai gaminami iki 15 μm storio, paprastai naudojant specialius polietileno atliekų mišinius;

- šiukšliadėžių maišai. Šie maišai dažniausiai naudojami kaip įklotai įvairių tipų šiukšliadėžėms. Dažniausiai naudojami buitinėse virtuvėse ir vonios kambariuose, taip pat biuruose, viešbučiuose ir pan. Paprastai šiukšliadėžių maišai gaminami iš didelio tankio (HDPE) polietileno plėvelės, kurios storis nuo 5,0 iki 9,0 μm.

Taigi, nors iš plastikinių atliekų buvo gaminami storesni maišai antram gyvenimui, plonesnių šiukšliadėžių įklotų gamyba buvo tęsiama iš pirminių plastikinių produktų, nenaudojant atliekų išteklių.

Pageidautina, kad plonesni šiukšliadėžių įklotai būtų pagaminti iš 100% perdirbtų medžiagų, kaip ir storesni šiukšlių maišai. LDPE, kaip termoplastinė medžiaga, dėl savo molekulinės struktūros gali būti pakartotinai lydomas ir deformuojamas, todėl tinka pakartotinai naudoti. Tačiau bet kokiam perdirbimui, gaunant aukštos kokybės LDPE plėveles, turinčias apibrėžtas savybes, kenkia tai, kad į panaudotus gaminius, ypač LDPE plėveles, jų gamybos metu pridedama įvairių priedų, tokių kaip antistatinės medžiagos, tepalai, etiketės, metalinės folijos, kurios išlieka vėliau iš jų perdirbamuose produktuose. Dėl techninių ir ekonominių priežasčių neįmanoma rūšiuoti panaudotų gaminių pagal sudedamąsias dalis.

Jau buvo bandoma spręsti šią problemą. Pavyzdžiui, US5368796 aprašytas panaudotų LDPE gaminių regeneravimo į pakartotinio naudojimo aukštos kokybės žaliavą procesas ir aparatas. Pagal išradimą, šis tikslas pasiekiamas, susmulkintus ir intensyviai judančius panaudotus gaminius ekstrahuojant tirpiklio vonioje, turinčioje

organinio tirpiklio. LDPE atliekas galima smulkinti įprastai naudojamuose smulkintuvuose. Komponentai yra išgaunami iš skiaučių, jas plaunant organiniame tirpiklyje, kur ingredientai ir skilimo medžiagos yra atskiriamos ir sukoncentruojamos tirpiklyje, neištirpinant plastikinės medžiagos. Skiautės intensyviai juda tirpiklio vonioje. Tokiu būdu, skiautės trinasi viena į kitą, o prie jų prilipę spausdinimo dažai pašalinami dėl didelės trinties. Taip nuplauti spausdinimo dažai patenka į tirpiklio vonią. Vienalaikio ekstrahavimo tirpiklio vonioje ir intensyvaus judesio, pavyzdžiui, mechaninio maišymo, derinys lemia tai, kad pašalinami spausdinimo dažai, o komponentai ir skilimo medžiagos atsiskiriamos ar ekstrahuojamos iš LDPE atliekų. Išbuvusios iš anksto nustatytą laiką nuolat maišomoje tirpiklio vonioje, tokiu būdu per vieną darbo ciklą apdorotos skiautės gali būti išlydytos, suformuojant granules arba aglomeratus, ir pakartotinai panaudotos aukšto kokybės polietileno gaminių gamybai.

Išradimo esmė

Šis išradimas siūlo alternatyvų variantą, susijusį su panaudotų LDPE plėvelės gaminių regeneravimu, ir skirtas šiukšliadėžių maišų, kurių storis siekia iki 7,0 μm, gamybai, kad būtų pakeisti dabartiniai importuoti pirminiai produktai. Išradimas susijęs su visa tokių perdirbtų maišų, pagamintų iš 100% perdirbtų LDPE atliekų, gamybos technologija: pradedant nuo medžiagos pasirinkimo, perdirbimo technologijos ir plėvelės pūtimo technologijos bei darbo parametrų. 5,0-7,0 μm storio plėvelės pagaminimo procesas yra sudėtingas, nes jis gaminamas iš pirminio LDPE, kuris yra monolitinis pagal molekulių atšakas, tūrinį tankį, lydymo srauto indeksą (MFI) ir kt. Todėl būtina išlaikyti stabilius gamybos ir technologinius parametrus.

Trumpas brėžinių paveikslų aprašymas

1 pav. pavaizduotas išpučiamos plėvelės ekstruzijos procesas;

2 pav. parodyti išpučiamos plėvelės proceso parametrai;

3 pav. pavaizduotas ekstruderio sraigto dizainas.

Išsamus išradimo aprašymas

Medžiaga

Medžiagos parinkimas yra labai svarbus visam procesui, kad būtų gautas tobulas mišinys tolesniam LDPE maišų, kurių storis ne didesnis kaip 7,0 μm, gamybai. Bet kokį rūšiavimo procesą – rankinį, optinį arba pagal masę – galima

pasirinkti taip, kad būtų gautas švarus 99% LDPE mišinys be jokių papildomų priemaišų. Mišinys turi atitikti aukštus reikalavimus, tokius kaip:

- mechaninės savybės: atsparumas tempimui, standumas, atsparumas dilimui, temperatūrinis stabilumas, formuojamumas, pailgėjimas;

- geba sandarinti, pavyzdžiui, pakuočių sandarinimai, apsauginės plombos ir uždarymo / pakartotinio uždarymo įrenginiai;

- optinės savybės, tokios kaip skaidrumas, paviršiaus blizgesys.

Plėvelės savybės priklausys nuo MFI ir naudojamo polietileno tankio. Norint užtikrinti gerą atsparumą smūgiams, pageidautinas mažas MFI, tačiau, tokiu atveju, ekstruzija tampa sudėtingesnė. Padidinus tankį, padidėja standumas ir atsparumas tempimui, tačiau sumažėja atsparumas kryptiniam plyšimui (atsiranda daugybiniai įtrūkimai plėvelėje). Mūsų tikslas – gauti plėvelę, kurios tankis - 0,925 g/cm, o MFI - 1.

Yra du būdai gauti gerą skirtingos molekulinės masės LDPE plėvelės žaliavą: arba susluoksniuojant sistemą, arba pasirinktinai ištirpinant-nusodinant skirtingus komponentus. Nors sluoksniavimo metodai gali būti pagrįsti cheminiu tarpsluoksnio ar lipniojo sluoksnio skaidymu, metodai, pagrįsti selektyviu tirpimu, ir metodai, pagrįsti kombinuotu skirtingų komponentų apdorojimu, gali būti pagrįsti polimerų tirpalų termodinamika.

Norint sudaryti sąlygas savaiminiam polimerų tirpumui tirpikliuose ar kituose polimeruose, Gibso laisvoji maišymo energija – ΔG_{mix} – turi būti lygi nuliui arba neigiama. ΔG_{mix} tirpalo paruošimui apskaičiuojamas pagal Gibso-Helmholco lygtį (1 lygtis):

$$\Delta G_{mix} = \Delta H_{mix} - T \cdot \Delta S_{mix} \qquad (1)$$

Kadangi entropijos prieaugis ΔS_{mix} yra nereikšmingas dėl didelės polimerų grandinių molekulinės masės, maišymo proceso entalpijos skirtumas ΔH_{mix} turi būti neigiamas, o tai reiškia, kad procesas turi būti egzoterminis.

Flory ir Huginsas aprašė ΔG_{mix}, nustatydami polimero grandinių ir tirpiklio sumaišymo entropiją. Tai atliekama, apskaičiuojant tirpiklio molekulių ir polimero segmentų skaičių, arba du skirtingus polimero segmentus galima patalpinti ant tinklelio. Pagal Flory-Huginso teoriją, ΔG_{mix} paprastai apibūdinamas kaip:

$$\Delta G = RT[^{\varphi 1} ln\varphi + ^{\varphi 2} ln\varphi + \varphi\varphi x] \quad (2) \qquad mix\ N_1 1 N_2 21212,$$

kur N_i reiškia polimero polimerizacijos laipsnį (i yra monomerų skaičius grandinėje), $\varphi_{1,2}$ yra molekulių tūrio dalis, x_{12} yra Flory-Huginso sąveikos parametras, R yra dujų konstanta, o T yra absoliuti temperatūra. Pirmieji du logaritminiai Flory-Huginso lygties terminai pateikia kombinatorinę maišymo entropiją, kuri, priklausomai nuo φ, yra neigiama ir visada skatina maišymąsi, o trečiasis terminas yra maišymo entalpija.

Polimerų mišiniuose N_i yra abiem atvejais didelis, taigi, kombinatorinė entropija tampa labai maža. Todėl sistemos susimaišymo geba nustatoma pagal paskutinio termino vertę, t.y., maišymo entalpiją. Egzoterminę maišymo šilumą gali sukelti specifinės mišinio komponentų tarpusavio sąveikos, tokios kaip kovalentiniai ir joniniai ryšiai. Silpnos, nesurišančios tarpusavio sąveikos, tokios kaip vandenilinis ryšys, jono-dipolio, dipolio-dipolio, donoro-akceptoriaus ar Van der Valso sąveikos dažnai nesukelia polimero sumaišymo. Štai kodėl polimerų susimaišymas yra labiau išimtis, o ne taisyklė.

Kuomet $N_i = 1$, bendroji lygtis virsta polimerų tirpalų lygtimi:

$$\Delta G = RT[\varphi ln\varphi + ^{\varphi 2} ln\varphi + \varphi\varphi x] \quad (3) \qquad mix\ 11 N_2 21212$$

Be to, polimerų tirpalams kombinatorinė entropija skatina sistemos tirpumą. Tirpiklio-tirpiklio mišinio atveju visi trys Flory-Huginso lygties parametrai prisideda prie tirpumo. Tai paaiškina, kodėl egzistuoja daugybė maišytinų tirpiklių sistemų ir kodėl polimerų tirpumas apskritai yra mažesnis nei mažos molekulinės masės molekulių tirpumas.

Kaip aprašyta tolesniuose skirsniuose, polimerų tirpalų susidarymas tiek tirpikliuose, tiek kituose polimeruose vaidina svarbų vaidmenį, perdirbant daugiasluoksnes polimerines pakuotes. Apytikslis medžiagų mišinio procentinis santykis: 70% ne daugiau kaip 35 μm storio skaidrios plėvelės ir 30% skaidrios elastinės plėvelės.

1 lentelė. Problematiškų tolesniame perdirbimo procese plėvelių rūšys

Plėvelės rūšis	Problema	Aplinkybės reikšmė/ Problemos sprendimas
Daugiasluoksnės konstrukcijos	Ne polietileninės (Pe) dervos turi skirtingas lydymosi temperatūras nei LDPE	Dervos, išskyrus LDPE, gali užteršti visas dervas granuliavimo procese
Plėvelė su skatinančiais suirimą priedais	Priklausomai nuo taikymo, priedai gali pakenkti perdirbamam gaminiui	Plėvelė su patvarumo priedais paprastai negali būti identifikuota ir atskirta nuo plėvelės be priedų
Metalizuota plėvelė	Aliuminio plėvelė negali būti atskirta nuo LDPE plėvelės	Ekrano blokavimo galimybė, kuri gali turėti įtakos filtravimo kokybei
Spalvota plėvelė	Spalvota plėvelė gali turėti kitą priedą, kuris pablogina plėvelės kokybę	Perdirbimo procese turėtų būti naudojama skaidri plėvelė
Atspausdinta plėvelė	Atspausdintos plėvelės gali sukelti perteklinį dujų perteklių, perdirbant ir naudojant spalvotas perdirbtas dervas	Vengti smarkiai atspausdintų plėvelių
Plėvelė su etikėte	Skalbimo metu etiketės nuo plėvelės sunkiai atskiriamos. Dėl to vėliau granuliavimo proceso metu etiketė gali išdegti ir suteikti plėvelei geltoną atspalvį. Dėl to gali būti užteršta plėvelės derva	Vengti plėvelių su etiketėmis

Pirmenybė teikiama tiesioginiam spausdinimui. Iš visų galimų ženklinimo būdų tiesioginis spausdinimas yra mažiausiai taršus. Nedidelis tinkamų dažų kiekis pasiskirsto galutiniame polimere, nedarydamas didelės įtakos jo kokybei. Turinčios daug įspaudų tamsių spalvų plėvelės gali sukelti problemų, nes tamsios spalvos paveikia didelį polimero kiekį, ribodamos jo pakartotinio naudojimo galimybes. Įspaudų kiekis turėtų būti ribojamas, nes dideli rašalo kiekiai išsiskiria ekstruderyje ir tai gali sukelti gelius galutiniame gaminyje, net jei dauguma perdirbėjų naudoja ventiliuojamus ekstruderius. Dideli rašalo kiekiai viršija ekstruderių galimybes pašalinti lakiuosius komponentus.

Pirmenybė teikiama polietileno etiketėms. Etiketės, pagamintos iš to paties ar suderinamo polimero, kaip ir plėvelė, neužteršiamos ir perdirbamos kartu su plėvele. Popierinės etiketės kenkia perdirbimui. Popieriaus etiketės išmirksta ir tampa vandens filtravimo ir užteršimo problema, jei jos perdirbamos šlapio perdirbimo būdu.

Atskirus popieriaus pluoštus labai sunku pašalinti nuo plėvelės, todėl gaminiuose, perdirbtuose iš tokios plėvelės, atsiranda dėmės ir netolygumai. Be to, apdorojant juos tiek šlapiu, tiek sausuoju būdu, jie susiskaido ekstruderyje ir sukuria nepageidaujamą degėsių kvapą, kurio neįmanoma pašalinti iš perdirbto plastiko. Tai žymiai apriboja jo pakartotinį naudojimą. Pakuotės su metalo folijos etiketėmis ir jos sluoksniais yra netinkamos perdirbimui pagal APR apibrėžimą. Šios etiketės neturėtų būti painiojamos su metalizuota plėvele.

Etiketės su metalo folija yra ypač probleminės dėl dviejų priežasčių. Pirmiausia, jos sužadina metalo detektorius, kurie naudojami perdirbimo proceso pradžioje, siekiant apsaugoti mašinas. Tokiu atveju, visa pakuotė, kurioje yra metalo folijos, yra pašalinama į savartyną. Antra, jei tokios pakuotės praeina proceso metu į ekstruderį, jos gali greitai užblokuoti lydymo filtrą, sukeldamos slėgį, kuris automatiškai sustabdo procesą saugumo sumetimais.

Plovimas, ekstruzija, maišymas

Plovimo kokybė taip pat labai svarbi, norint gauti 7,0 µm storio plėvelę. LDPE paprastai yra minkštas arba plėvelės tipo plastikas, į kurį pridedama įvairių minkštiklių, kad jis būtų elastingas ir lankstus, ir yra dažniausiai naudojamas pakuotėse. Nors LDPE gausu buitinėse atliekose, jis yra plastiko atliekų rūšis, kurią sunku perdirbti. LDPE plastikinės plėvelės paviršius dažniausiai yra didelis, o jo storis yra mažesnis nei 0,2 mm, todėl jį yra labai sudėtina laminuoti ir sluoksniuoti. Dėl to LDPE plastiko atliekos paprastai būna labai užterštos purvu, organinėmis medžiagomis, klijais ir pan., todėl perdirbimo proceso metu jos turi būti intensyviai apdorojamos, jas malant, plaunant, džiovinant. Be to, didelis užterštumas sukelia didelių perdirbimo problemų ir pakenkia galutinio produkto savybėms, tokioms kaip išvaizda ir spalva.

Dabartiniai naujausi LDPE plastiko atliekų perdirbimo metodai yra pagrįsti šalto plovimo metodais, derinant su patikrintomis technologijomis, tokiomis kaip malimas, plūdrių-skęstančių dalelių separavimas ir plovimas trintimi. LDPE plastiko atliekos susmulkinamos į mažesnius gabalėlius, išvalomos, pašildomos ir ekstruduojamos pakartotiniam naudojimui. Dėl prastesnės gatavo produkto išvaizdos ir kokybės, perdirbamas LDPE plastikas dažnai maišomas su aukštesnės klasės plastikais, kad būtų pasiekti aukštesni kokybės standartai, arba naudojamas žemos kokybės gaminiuose, tokiuose kaip laistymo vamzdžiai, šiukšlių maišai, juodos

plėvelės ir plėvelės žemės ūkio ir statybų pramonei. Taikant dabartinius metodus, perdirbimo įrenginiai gali pagaminti regranuliatą, kurio kokybė yra > 99% pirminio plastiko.

Vienas iš pagrindinių faktorių, norint gauti geros kokybės dervą iš perdirbamų medžiagų, yra homogenizavimas ekstruzijos procese. Dėl šios priežasties pageidautina naudoti Erema TVEplus® technologiją su 90 µm lazerinių filtrų filtravimo sistema ir žiedinės galvutės granuliavimo sistema.

Ekstruzijos sistema su TVEplus® technologija yra specialiai optimizuota sunkiai apdorojamoms medžiagoms, tokioms kaip išplautos, mišrios, ypač užterštos panaudotų plėvelių atliekos, turinčios didelį nuo 5 iki 10% likutinės drėgmės kiekį. Kaip buvo parašyta ankstesnėje pastraipoje, 7,0 µm storio plėvelės technologijai reikia naudoti skaidrią medžiagą. Tokiu atveju homogenizavimas šia technologija bus maksimalus.

Gamykliniame daugiafunkciniame pjaustytuvo kompaktoriuje su oro prapūtimo moduliu optimaliai perdirbamos medžiagos, turinčios palyginti nedidelį likutinį drėgnumą ir užterštumą. Pjaustymas, homogenizavimas, šildymas, degazavimas, tankinimas, buferizavimas ir dozavimas – viskas atliekama vienu žingsniu.

TVEplus® sistemos veikimo principo privalumas yra lydalo filtravimas prieš ekstruderio degazavimą, tai suteikia du svarbius pranašumus: vienas yra tas, kad minimalus šlyties poveikis lydymosi proceso metu neleidžia dar labiau sumažinti teršalų dalelių dydį prieš filtravimą ir taip padidina filtravimo proceso efektyvumą. Filtravimui naudojama specialios konstrukcijos metalinė plokštė, kuri yra apdorojama lazerio spinduliais, suformuojant kūgio formos angas. Filtravimui turėtų būti naudojamas filtras su 90-110 µm dydžio angomis. Kitas pranašumas yra tas, kad teršalai dėl jų ankstyvo pašalinimo iš perdirbimo sistemos negali anksčiau laiko sudaryti dujų, tokiu būdu iki minimumo sumažina kvapų kaupimąsi regranuliacijos procese.

Pridėjus papildų, granulės pilamos į maišytuvą ir tolygiai išmaišomos. Maišymo trukmė priklauso nuo maišytuvo tipo. Maišymo procesas baigiasi, kai papildai tolygiai paskirstomi pasirinktame tūryje. Jei išmaišyta netolygiai, procesas kartojamas. Paprastai maišymo procesas trunka 1 valandą.

Vėliau mišinys pakartotinai granuliuojamas, kad būtų galutinai homogenizuotas ir išfiltruotas. Homogenizavimui naudojamas ekstruderis su sraigtu (ne mažesniu kaip 120 mm). Filtravimui naudojama atgalinio praplovimo sistema su penkių vielinių tinklų kompleksu: du išoriniai (pynimo tarpas yra 150 µm), kurie yra atraminiai, du vidiniai (100 µm) ir vienas vidurinis galutinis filtravimo tinklas (50 µm).

Iš naujo suformuotų granulių MFI tiriamas laboratorijoje. Taip pat, pučiant 7,0 storio µm plėvelę, patikrinami švarumas ir angos atsidarymo galimybė, kad būtų galima tęsti stabilią produkciją. Išpūtus plėvelę, patikrinama, ar plėvelė gali sulipti ir ar pridėta antiblokų.

Plėvelės ekstruzijos technologijos proceso aprašymas

Išpūstos plėvelės ekstruzijos procesas pavaizduotas 1 pav. Polimerai į ekstruzijos liniją paprastai paduodami vakuuminio transportavimo sistema, tačiau mūsų atveju tai nėra būtina, nes visos dervos prieš tai sumaišomos ir regranuliuojamos. Pageidautina naudoti gravimetrines sistemas maišymo proceso kontroliavimui ir dervų į ekstruderį dozavimui. Ekstruzijos procese homogeninis polimero lydalas, tiekiamas pastoviu greičiu iš vieno ar daugiau ekstruderių 1, yra išspaudžiamas per žiedinę ekstruderio galvutę 2, gaunant kontroliuojamo skersmens ir sienelės storio rankovę 3. Ekstruduotas lydalas aušinamas oru ties ekstruderio galvute 2 per aušinimo žiedą 4, o plėvelės rankovė 3 išpučiama į reikiamo skersmens burbulą 5 oru, įleidžiamu per ekstruderio galvutės vidurį. Plėvelė suspaudžiama tarp dviejų ritinių 6 taip, kad burbule 5, suformuotame tarp ritinių 6 ir ekstruderio galvutės 2, būtų pastovus pripūsto oro tūris.

Esant tam tikram ekstruderio galvutės 2 skersmeniui, burbulo 5 skersmuo ir kartu plėvelės 7 (plokščios rankovės plotis) yra nustatomi pagal pripūsto oro kiekį. Plėvelės storis priklauso nuo ekstruderio 1 išeigos, burbulo išpūtimo santykio ir plėvelės tempimo greičio. Taigi, keičiant šiuos parametrus, iš vienos ekstruderio galvutės 2 gali išeiti plėvelė, turinti skirtingus pločius ir storius.

Po to, kai burbulas 5 suglaudžiamas rėmelyje 17 ir suspaudžiamas ritiniuose 6, plėvelė 7 suvyniojama, esant nuolatiniam įtempimui, arba kaip rankovė, arba kaip lakštinė plėvelė. Jei plėvelė turi būti atspausdinta, prieš plėvelę suvyniojant, jos paviršių reikia apdoroti koronine iškrova, gaunant gerą sukibimo paviršių spausdinimo rašalui.

Išpūstos plėvelės proceso parametrai yra pavaizduoti 2 pav. Plėvelės galutinės charakteristikos yra jos storis mikronais (t) ir jos plotis milimetrais (LFW). Ekstruzijos proceso parametrai yra masės iš ekstruderio išėjimo greitis, išreikštas kilogramais per valandą (G), burbulo 5 skersmuo milimetrais (D) ir linijos greitis arba gamybos greitis metrais per minutę (V). Prie ekstruderio pritvirtinta žiedinė galvutė 2, turinti fiksuotus skermenį milimetrais (d) ir galvutės tarpelį milimetrais (h).

Kai kurie naudingi šio proceso skaičiavimai yra išreikšti žemiau lygtimis. Šių terminų reikšmė bus paaiškinta vėlesniuose skyriuose.

$$Išpūtimo\ santykis\ (BUR) = burbulio\ skersmuo\ (D) = 2LFW \quad (4)$$

LFW turėtų būti matuojamas prieš bet kokį pjaustymą ar pjovimą. Išpūtimo santykis neturėtų būti painiojamas su rečiau vartojamu terminu „pūtimo santykis“:

$$Pūtimo\ santykis\ (BR) = LFW \quad (5)$$

Traukos santykis (DDR) yra mašinos krypties laipsnio matas:

$$Traukos\ santykis\ (DDR) = 1000h \quad (6)$$

Apytikslę išeigą galima apskaičiuoti pagal plėvelės matmenis ir ekstruzijos parametrus:

$$Išeiga = 2tLFW\,60V\,\rho \quad (7),$$

kur ρ yra vidutinis dervos tankis gramais kubiniame centimetre. Būtina atminti, kad dėl plėvelės ištempimo ar atsipalaidavimo tarp linijos greičio ir plėvelės matmenų matavimų gali atsirasti nežymių išeigos neatitikimų. Koekstruzijos būdu pagamintose plėvelėse išeigos formulę taip pat galima pritaikyti atskiriems sluoksniams.

Tempiamasis srautas

Burbulo pūtimo proceso metu polimero lydalas, išeinantis iš galvutės, yra tempiamas ar traukiamas, lydalą veikiant tempiamuoju srautu. Paprastai tempimo trukmė išpūstos plėvelės ekstruzijos metu trunka nuo 0,01 iki 3 sek. Šis tempiamasis srautas taip pat prisideda prie molekulinės orientacijos lydale, kuris yra „įšaldomas“ ties šaldymo linija, ir turi įtakos galutinėms plėvelės savybėms, tokioms kaip atsparumas plyšimui. Polimero, veikiamo tempiamuoju srautu, klampumas taip pat yra svarbus ekstruzijos faktorius, nes jis susijęs su lydalo stiprumu.

Buvo apskaičiuotos priklausomybės tarp srauto tempiamojo klampumo ir ištempimo kreivės. Žemesni MFI rodikliai paprastai pasižymi didesniu tempiamuoju klampumu, esant tai pačiai tempimo jėgai. Tačiau svarbu ir polimero rūšis. Ypač svarbu yra tai, kad LDPE derva dėl savo plataus molekulinio svorio pasiskirstymo ir ilgos grandinės išsišakojimų kietėja, ją ištempiant, t.y. tempiamasis klampumas didėja, esant didesnei tempimo jėgai. Esant didelėms tempimo jėgos, žymiai padidėja LDPE tempiamasis klampumas. Tai apibūdinama kaip didesniu lydalo stiprumu.

Lydalo paviršiaus fraktūra

Siauros molekulinės masės paskirstymo polimerų, tokių kaip LDPE, apdorojimo sunkumai yra tokie, kad, esant kritiniam srauto greičiui, jie yra linkę suformuoti paviršiaus šiurkštumo defektą, vadinamą ryklio oda arba lydalo paviršiaus fraktūra. Šis šiurkštumas pirmiausia pasireiškia blizgesio praradimu. Didėjant srauto greičiui, ryklio odos defektas dar labiau išryškėja. Jam būdingos lygiagrečios bangos ant ekstruduoto gaminio paviršiaus ir spiralinės pailgos briaunos plėvelėje. Kritinis šlyties greitis, kuriam esant ši problema pastebima pirmiausia, sumažėja (t.y. problema tik padidėja), kuomet polimero MFI ir temperatūra sumažėja.

Ryklio oda yra reiškinys, kuris atsiranda dėl polimero tekėjimo pro ekstruderio galvutę ir išėjimo pobūdžio pasikeitimo. Yra dvi galimos teorijos, paaiškinančios jo priežastį. Pirmoji teigia, kad lydalo tekėjimas ties galvutės sienelės vyksta, esant kritiniam šlyties įtempiui dėl tiesioginio kontakto praradimo arba kuomet lydalas praranda sukibimą su galvutės paviršiumi. Tai sukuria slydimo-sukibimo efektą sąlyčio paviršiuje ir tai lemia minėtą lydalo defektą. Tiesą sakant, slydimo greičio matavimai ekstruderio galvutės paviršiuje rodo staigų srauto greičio ar šlyties įtempių padidėjimą, ir šis slydimas visada yra susijęs su LDPE paviršiaus nelygumais. Lydalo sukibimas su ekstruderio galvutės paviršiumi priklauso nuo paviršiaus pobūdžio (šiurkštumo), ekstruderio galvutės metalo rūšies ir paties polimero.

Antroji teorija ryklio odos susiformavimą priskiria staigiam lydalo paviršinio sluoksnio pagreičiui dėl greičio pasiskirstymo pokyčio, kuris atsiranda, kuomet lydalas palieka ekstruderio galvutę ir jo išėjimo greitis susilygina su tempimo greičiu. Jei paviršiaus įtempiai viršija lydalo atsparumą tempimui, paviršius įplyšta ir tai suformuoja ryklio odos pavidalo paviršiaus šiurkštumą. Ekstruzija gali būti atliekama žemiau kritinio šlyties greičio, naudojant plataus ekstruderio galvutės tarpelio technologiją. Alternatyviai, gali būti padidinta lydalo temperatūra. Metalą, naudojamą

ekstruderio galvutei gaminti, galima pasirinkti taip, kad slydimo tikimybė būtų mažesnė. Kitas būdas yra įterpti tinkamą sukibimą skatinančią medžiagą arba pagalbinę medžiagą, kuri keičia srauto formą ekstruderio galvutės paviršiuje ir pavėlina lydalo trūkio pradžią. LDPE pridėjimas arba LDPE kiekio padidinimas taip pat pavėlina lydalo trūkio pradžią.

Ekstruzijos procesas

Ekstruzija yra pagrindinis procesas, kai granulių pavidalo žaliavinė medžiaga paverčiama į homogeninį lydalą, skirtą tiekimui į ekstruderio galvutę ir galutinės formos produkto, šiuo atveju – išpūstos plonos plėvelės, suformavimui. Ekstruderis 1 iš esmės susideda iš šildomo cilindro 8, kurio viduje yra tiksliai priderintas Archimedo sraigtas 9. Polietileno granulės iš tiekimo bunkerio 10 yra paduodamos į vieną sraigto 9 galą ir yra stumiamos pirmyn besisukančiu sraigtu 9, dalį jų išlydant šiluma, perduodama per cilindro sienelę išoriniais juostiniais šildytuvais 11, ir dalį jų išlydant trinties, kurią sukelia sraigto kirpimo veiksmas, šiluma. Tuomet išlydytas ir sutankintas polimeras yra išstumiamas per žiedinę ekstruderio galvutę 2, gaunant ploną vamzdinę plėvelę 3, atšaldomas ir ištraukiamas suspaudimo ritiniais 6.

Ekstruderio pavara

Variklio, sukančio ekstruderio sraigtą 9, galia turi būti pakankama, kad generuotų šilumą ir sukimo momentą, reikalingą labiausiai klampių polimero rūšių išspaudimui. Tai ypač aktualu LLDPE (linijinio žemo tankio polietileno) ekstruzijai, kuris, būdamas daug klampesnis nei LDPE polimerai, pareikalaus daugiau galios, sukurs didesnį slėgį bei aukštesnę lydymosi temperatūrą. Taigi, ekstruderiai turėtų būti skirti LLDPE. Su tinkamos galios ekstruderiais įmanoma beveik adiabatinė operacija, t. sraigto pagaminta šilumos energija yra beveik pakankama lydymosi temperatūrai generuoti ir palaikyti. Variklio galia turėtų būti ne mažesnė kaip 20 kW.

Cilindro šildymas ir šaldymas

Ekstruderio cilindras 8, parodytas 1 pav., turi ištisinį, atsparų nusidėvėjimui grūdinto arba legiruoto plieno įdėklą. Cilindras šildomas keliose zonose išilgai jo korpuso, paprastai naudojant elektrinio šildytuvo juostas 11, valdomas automatiniais temperatūros reguliatoriais. Viso cilindro korpuso aušinimas yra skirtas pašalinti perteklinę šilumą, o aušinimo terpė yra vanduo arba oras, pastaruoju atveju naudojami ventiliatoriai 12. Cilindro priekinė dalis taip pat yra aušinama vandeniu,

kad būtų išvengta per ankstyvo dalinio granulių išsilydymo padavimo bunkeryje.

Norint užtikrinti, kad būtų laikomasi temperatūros sąlygų, būtina išmatuoti lydymosi temperatūrą termoelementu, įstatytu į lydalą ekstruderio galvutės adapterio skyriuje. Taip pat rekomenduojama lydymosi slėgio keitiklį 13 įrengti prieš ekstruderio pertraukiklio plokštelę 14, kad būtų sukurtas priešinis slėgis ir įvertinta sraigto homogenizavimo geba. Naudojant LDPE polimerus, ekstruzija paprastai atliekama, palaipsniui didinant temperatūrą per visą cilindro 8 ilgį. Dažnai rekomenduojami atvirkštiniai arba vienodos temperatūros profiliai, kad padavimo zonoje būtų aukštesnė temperatūra, o dozavimo zonoje – žemesnė. Produkto specifikacijose dažnai nurodoma optimali lydymosi temperatūra ir nurodomas temperatūros profilis, kuriame polimeras turi būti perdirbamas. Tačiau temperatūros profilį reikia specialiai nustatyti kiekvienam konkrečiam naudojimui, šiuo atveju rekomenduojama turėti bent septynias šildymo zonas su stabilia temperatūra.

2 lentelė. Užregistruota medžiagos ekstruzijos temperatūra

	1 zona	2 zona	3 zona	4 zona	Adapteris	Galvutė Nr. 1	Galvutė Nr. 2
Laipsniai °C	190	195	195	200	210	215	220

Sraigto dizainas

Svarbiausia ekstruderio 1 dalis yra sraigtas 9, o jo konstrukcija turi būti tokia, kad didelę homogeninio lydalo dalį būtų galima tiekti į ekstruderio galvutę 2 pastoviu greičiu ir slėgiu, esant vienodai temperatūrai ir klampumui. Sraigto funkcija yra surinkti polimero granules iš tiekimo bunkerio 10, pernešti jas į priekį, jas išlydyti, tuo pačiu metu suspausti ir homogenizuoti lydalą, o po to paduoti jį į ekstruderio galvutę 2.

Įprasta sraigto konstrukcija, kaip parodyta 3 pav., apima tris skirtingas zonas arba skyrius išilgai jo ilgio: padavimo zona (1 zona), suspaudimo zona (2 zona) ir dozavimo zona (3 zona).

Daugelio ekstruderių sraigtų ilgio ir skersmens (L/D) santykis yra ne mažesnis kaip 20:1, kad būtų pasiektas maksimalus maišymo laipsnis, nors kai kurie senesni įrenginiai, turintys mažesnį L/D santykį, vis dar naudojami. Daugelio šiuolaikinių įrenginių L/D santykis svyruoja nuo 24:1 iki 30:1. Gaminant 5,0-7,0 μm

plėvelę iš perdirbamos medžiagos, (L/D) santykis neturėtų būti mažesnis kaip 27:1.

Polimeras suspaudžiamas sraigte, palaipsniui mažinant sraigto kanalo tūrį tarp tiekimo zonos ir dozavimo zonos. Suspaudimo laipsnis yra santykis tarp pirmojo kanalo tūrio tiekimo zonoje ir paskutinio kanalo tūrio matavimo zonoje. Standartinių sraigtų suspaudimo santykiai svyruoja nuo 2,5:1 iki 4,5:1, o griovelinių sraigtų suspaudimo santykis yra mažesnis, pvz. 1,5:1. Reikia pasirinkti tinkamus sraigtus, kad būtų užtikrintas geras suspaudimo laipsnis, kad būtų gautas homogeninis lydalas. Šio išradimo plėvelei gauti suspaudimo santykis turėtų būti ne mažesnis kaip 3,5:1.

Įvairūs gamintojai yra sukūrę patobulinimus standartiniam sraigtui, į kuriuos įeina dvigubi griovelių žingsniai 15, kintamas žingsnis 16, maišymo kaiščiai, dekompresijos zonos tarp dviejų suspaudimo zonų, pertrauktų žingsnių struktūros ir kiti patobulinimai, skirti pagerinti maišymo efektyvumą. Tokie patobulinimai sumažina šlyties įtempius ir reikalingą galią, taip pat gali sumažėti perkaitimo problemos.

Norint gauti geriausią medžiagų homogenizavimą ir produkto išeigą, rekomenduojama naudoti barjerinius sraigtus. Pagrindinis barjerinio žingsnio tikslas yra atskirti jau išlydytą dervą nuo nelydyto kieto polimero. Išlydytos dervos sluoksnis prie sienelės išlaikomas plonas, tuo užtikrinant didelį šlyties greitį ir aukštos temperatūros susidarymą lydale. Lydalo atskyrimas į tam skirtą gilesnį kanalą taip pat apsaugo nuo lydalo perteklinio apdorojimo sraigtu ir nereikalingos šlyties temperatūros. Sraigtuose taip pat gali būti suformuota didelės šlyties maišymo dalis, esanti už sraigto galo, kad būtų pagerintas homogenizavimas, padidintas našumas ir užtikrinta lygesnė lydymosi temperatūra. Su šio tipo sraigtais su papildoma maišymo zona turėtų būti gaminama 5,0-7,0 µm storio plėvelė.

Extruderio galvutė

Ekstruderio galvutė cilindro išėjimo gale turi ekraną, susidedantį iš vieno ar daugiau vielinių tinklų. Šio išradimo plėvelės gamybai rekomenduojama naudoti 40-50 µm vielinį ekraną. Ekranas naudojamas padidinti priešinį slėgį matavimo zonoje ir taip padidinti lydalo homogenizavimą, taip pat siekiant užkirsti kelią teršalams patekti į ekstruderio galvutę ir galutinį produktą. Įprastai ekrano keitimo aparatas naudojamas naujiems ekranams įstatyti į lydalą ir užkirsti kelią perteklinio slėgio, kurį sukuria teršalai, susidarymui. Šie ekrano keitikliai gali būti keičiami plokšteliniai arba

nuolatiniai ekranai, priklausomai nuo to, kokia sistema naudojama. Prie galvutės pritvirtintas adapteris veikia kaip ekstruderio galvutės tvirtinimo vieta. Galvutė ir adapteris yra šildomi, kad lydymosi temperatūra išliktų pastovi, ir yra skirti bet kokios nepageidaujamos medžiagos, kuri galėtų patekti į lydalo srautą, sulaikymui.

Smulkūs grioveliai cilindro padavimo skyriuje, einantys iš esmės išilgai, bet kartais – ir spirališkai, yra skirti pagerinti sraigto padavimo skyriaus galią. Grioveliai tęsiasi nuo padavimo zonos, esančios po bunkeriu 10, iki taško išilgai ekstruderio, esančio maždaug už 4 ekstruderio skermens ilgių. Dėl to susidaręs aukštas slėgis griovelinės dalies pabaigoje taip pat labai palengvina polimero lydymą. Optimaliam padavimui užtikrinti, šio tipo padavimo zona neturi būti per karšta, nes dėl to granulės gali suminkštėti per anksti ir užkimšti griovelius ir išėjimą. Griovelių zonos turi vandens aušinimą, kad būtų išvengta perkaitimo.

Plėvelės ekstrudavimo galvutės

Išpūstos plėvelės ekstruderio galvutės funkcija yra tiekti polimero lydalą, esant pastoviam slėgiui ir tolygiam greičiui, ir paversti jį plonasiene rankove, išlaikant tolygią temperatūrą. Kad išpūstų plėvelę, galvutė 2 turi išorinį metalo korpusą ir vidinę šerdį, kad būtų suformuota žiedinė anga, per kurią išėjęs išlydytas polimeras suformuoja vamzdinį ekstrudatą. Ekstruderio galvutės lūpos yra grūdinto plieno žiedų pavidalo, kurie gali būti pagamintos išvien su šerdimi ir korpusu, tačiau dažniausiai yra pritvirtinami varžtais, kad juos būtų galima pakeisti. Ekstruderio galvutė yra šildoma, kad būtų išlaikyta vienoda lydymosi temperatūra. Oras plėvelės burbului pripūsti tiekiamas per kanalą šerdyje.

Ekstruderio plėvelės galvutės yra maitinamos plastiku arba iš šono, arba iš apačios. Abiem atvejais ekstruderio galvutės lūpų padėtys gali būti reguliuojamos fiksuotos šerdies atžvilgiu, kad būtų užtikrintas tolygus išlydyto plastiko padavimas iš ekstruderio galvutės. Ekstruderio galvutės angos reguliavimas tradiciškai atliekamas rankiniu būdu, prieš įjungiant ekstruderį, naudojant centravimo varžtus, išdėstytus galvutės perimetru, ir išmatuojant gautos plėvelės storį mikrometru. Sudėtingesnėse linijose naudojamas kompiuterinis matuojamos plėvelės storio grįžtamasis ryšys leidžia automatiškai sureguliuoti ekstruderio galvutės tarpelį, pvz., naudojant elektra šildomus šiluminio plėtimosi elementus, išdėstytus ekstruderio galvutės perimetru.

Plėvelės storis ar burbulo apkritimo ilgis gali skirtis, jei ekstruderio galvutė

nėra išcentruota, jei ji yra nusidėvėjusi arba jei lydalas iš ekstruderio galvutės teka netolygiai. Neištaisius, šios matmenų variacijos ar netolygumai turės įtakos plėvelės kokybei ir išvaizdai, o plėvelės ritinėlis, esantis ant ritinio, taps smailėjantis ar platėjantis į viršų arba turintis iškilimus ar briaunas. Dėl šių briaunų vėliau gali kilti problemų, atliekant tokius veiksmus kaip klijavimas, spausdinimas ir sandarinimas. Storesnė plėvelė neturės briaunų, o ritinio išvaizda pagerės. Šią problemą galima išspręsti, naudojant lėtai besisukančią ekstruderio galvutę, dėl ko juosta arba burbulas suksis spirališkai.

Norint pagaminti labai ploną plėvelę, reikėtų naudoti ekstruderio galvutę su labai siauru tarpeliu. Rekomenduojama naudoti galvutę su 0,65-0,85 mm tarpeliu. Akivaizdu, kad, naudojant ekstruderio galvutę su plačiu tarpeliu, ekstruzijos procesas vyks, esant žymiai mažesniam šlyties greičiui, kuris yra mažesnis už kritinį lydalo lūžio pradžios lygį. Aukštesnė lydymosi temperatūra taip pat naudinga. Lydalo paviršiaus lūžio priežastys buvo aptartos anksčiau. Lydalo paviršiaus fraktūrą veikia ne tik šlyties greitis ar lydalo srauto greitis per ekstruderio galvutę ar ekstruzijos temperatūra, tam įtakos taip pat turi ekstrudero galvutės paviršiaus pobūdis (šiurkštumas), naudojamo galvutei metalo rūšis ir patsai polimeras. Nustatyta, kad ekstruderio galvutės konstrukcijos medžiaga turi didelę įtaką išlydyto plastiko srauto tekėjimo profiliams, atsirandantiems polimero ir metalo sandūroje, ir paskesnei lydalo fraktūrai bei plėvelės išvaizdai. Ekstruderio galvutė, pagaminta iš alfa žalvario lydinio, leidžia atlikti ekstruziją daug didesniu greičiu, nei naudojant galvutes, pagamintas iš plieno arba padengtas chromu, prieš prasidedant lydalo lūžiui. Taigi, parinkus tinkamą metalą galvutės gamybai, galima pasiekti daug didesnį išeigos per galvutės tarpelį greitį be lydalo lūžio.

Plėvelės burbulas

Ekstruduota polietileno rankovė, jai išeinant iš ekstruderio galvutės, yra oru, paduodamu 15-35 kPa slėgiu per galvutės šerdį, išpučiama į norimo skersmens ir plėvelės storio burbulą 5. Šis oras yra uždaromas plėvelės burbule 5, suformuotame tarp ekstruderio galvutės 2 ir suspaudimo ritinių 6. Burbulo skersmens ir galvutės skersmuo yra žinomas kaip išpūtimo santykis. Šiame išradime rekomenduojama naudoti išpūtimo santykį nuo 2:1 iki 3:1. Didesni išpūtimo santykiai gali pasireikšti burbulų nestabilumu ir plėvelės susiglamžymu.

Plėvelės aušinimo procesas yra labai svarbus, nes aušinimas gali paveikti

išeigos greitį, plėvelės storio tolygumą, plėvelės tankį ir daugybę kitų plėvelės savybių. Aušinimo sistema turi keturias pagrindines funkcijas:

- pašalina šilumą iš lydalo, išeinančio iš ekstruderio galvutės, ir atvėsina plėvelės burbulą iki kietos būsenos, kad vėliau jį būtų galima išlyginti ir suvynioti;

- stabilizuoja ir palaiko burbulą jo išėjimo iš ekstruderio galvutės metu bei minimizuoja plėvelės matmenų pokyčius;

- kontroliuoja plėvelės tankį ir daugybę kitų plėvelės savybių, įskaitant atsparumą smūgiams, atsparumą dilimui ir vizualines savybes;

- nustato maksimalų išeigos greitį, kuriuo plėvelė gali būti pagaminta, neužblokuojant galvutės. Siekiant išvengti galvutės užblokavimo, plėvelės temperatūra prieš pasiekiant suspaudimo ritinius turėtų būti mažesnė nei 40°C.

Kai plėvelė išeina pro ekstruderio galvutę, ji yra išlydyta ir turi būti kuo greičiau atvėsinta, kad stabilizuotųsi burbulas ir būtų pasiektas žemas kristališkumo laipsnis. Užšalimo linija arba šalčio linija yra žiedo formos zona, kurioje sukietėja išlydytas polimeras, o burbulas pasiekia galutinį skersmenį. Lėtas aušinimas, t.y. aukšta užšalimo linija, sukelia aukštą kristališkumą ir didelį plėvelės tankį, ir tai gali neigiamai paveikti tiek plėvelės optines savybes, tiek jos atsparumą smūgiams.

Pagrindinis aušinimo agregato elementas yra virš ekstruderio galvutės sumontuotas oro žiedas. Oro žiedas skirtas oro srautui tolygiai nukreipti į plėvelės burbulą visu jo perimetru, kai burbulas išeina iš galvutės. Šiam tikslui naudojama kombinuota aušinimo sistema, paduodant didelį žemo slėgio oro kiekį didžiausiu įmanomu greičiu. Tai neturėtų būti toks oro gūsis, kuris sugadintų burbulą ar sukeltų jo vibraciją. Bet kokie oro temperatūros ar srauto greičio pokyčiai aplink oro žiedo perimetrą sukels aušinimo greičio variacijas, o tai atsilieps burbulo plėvelės kokybei.

Burbulo formavimas

Prieš įeinant į suspaudimo ritinius 6, plėvelės burbulas 5 yra suspaudžiamas į plokščią rankovę suglaudinimo plokščių 17 pagalba. Jos gali būti įvairių formų ir gali būti arba pilnavidurės, arba tuščiavidurės, arba ritininės. Trintis tarp plėvelės ir suglaudinimo plokščių 17 paviršių neturėtų būti per didelė, nes tuomet plokštės 17 galėtų „pagriebti“ plėvelę, tokiu būdu suformuojant joje raukšles. Šis efektas tampa labiau pastebimas, jei plėvelė yra per karšta arba kontakto tarp plokščių ir plėvelės

plotas yra per didelis. Tai didžiąja dalimi galima įveikti, padarius paviršius šiurkštesniais arba naudojant dangas, nesukaupiančias šilumos pertekliaus ir nesukeliančias plėvelės tempimo.

Kiekviena suglaudinimo plokštė 17 yra nukreipta kampu į suspaudimo ritinius 6 ir išdėstytas simetriškai vertikalės atžvilgiu. Kampas tarp plokščių 17 neviršija 45 laipsnių. Šis kampas yra tinkamas, gaminant nedidelio storio plėvelę, nes trumpas kontaktas tarp plėvelės ir plokščių nesudaro joje raukšlių. Storesnėms plėvelėms, kurių tempimo laipsnis yra palyginti mažas, kampas tarp plokščių 17 gali būti žymiai mažesnis. Oro suglaudinimo sistemos gali būti naudojamos beveik be trinties formuojamiems paviršiams sukurti ir iki minimumo sumažinti plėvelių gaminių susiraukšlėjimą.

Dažnai polietileno maišelių gamybai naudojama sluoksniuota plėvelė. Sluoksniavimas gaunamas siaurų pleištų ar plokščių, patalpintų kampo, suformuoto suglaudinimo plokštėmis, viduje; šios plokštės yra nukreiptos į priešingas burbulo puses prieš plėvelei įeinant į suspaudimo ritinius 6 taip, kad ji susilankstytų pati. Sluoksniavimo elementai, kuriuos galima pagaminti iš medžio ar metalo, turėtų būti lygaus paviršiaus ir užapvalintais kraštais, kad nesubraižytų plėvelės. Visa tai yra labai svarbu, gaminant 5,0-7,0 μm storio perdirbtą plėvelę.

Suglaustas burbulas praeina pro suspaudimo ritinius 6, kurie suspaudžia vamzdinę plėvelę prieš jos suvyniojimo etapą, sulaiko pripūtimo orą plėvelės burbule ir reguliuoja plėvelės padavimo greitį. Suspaudimo ritinių mazgas 6 susideda iš dviejų ritinių, paprastai vieną, pagamintą iš plieno, o kitą, padengtą elastinga medžiaga, tokia kaip guma, kad būtų pašalinti plėvelės defektai. Suspaudimo ritiniai 6 yra sumontuoti vertikaliai virš ekstruzijos antgalio 2, mažiausiai dviejų metrų aukštyje ir tiesiai virš suglaudinimo plokščių 17. Kai plėvelei aušinti naudojamas tik įprastas oro aušinimo žiedas 3, suspaudimo ritinių aukštis virš ekstruderio galvutės turi įtakos plėvelės gamybos greičiui, didesnis aušinimo efektas pasiekiamas, naudojant aukščiau įrengtus suspaudimo ritinius. Tačiau, kuomet suspaudimo ritiniai yra labai aukštai, gali atsirasti burbulo nestabilumas, ypač išspaudžiant LDPE polimerus.

Slėgis tarp dviejų ritinių 6 turėtų būti tolygus išilgai jų ilgio ir tiesiog pakankamas, kad būtų išlaikytas pastovus linijinis greitis ir būtų išvengta oro išėjimo iš plėvelės burbulo 5. Jei ritinių suspaudimo slėgis yra per didelis, plėvelė gali sulipti. Plėvelė gali sulipti ir tuo atveju, jei į ritinius 6 patenkanti plėvelė yra per karšta. Ritiniai

turi būti geros būklės ir jų padėtis turi būti tinkamai sureguliuota. Susidėvėję ar netinkamai sureguliuoti ritiniai gali būti įvairių problemų priežastimi, įskaitant:

- išorinį plėvelės subraižymą;

- oro išėjimą iš burbulo, kurį sukelia nusidėvėję ir blogai suderinti ritiniai.

Dėl to burbulas praras savo skersmenį. Bet koks oras, likęs tarp dviejų plėvelės rankovės sluoksnių, pakenks plėvelės išorinei pusei, įskaitant:

- raukšlių atsiradimą;

- plėvelės suglamžymą ir suraukšlėjimą dėl blogo ritinių suderinimo su ekstruzijos galvute ir suglaudinimo plokštėmis.

Plėvelės suvyniojimas

Paskutinė išpūstos plėvelės proceso operacija yra plėvelės suvyniojimas. Kadangi suvyniota plėvelė visuomet šiek tiek susitraukia, plėvelės vyniojimo tempimą reikia kontroliuoti, kad plėvelė nebūtų per stipriai suvyniota ant ritinio. Esant per dideliam tempimui, vyniojamos plėvelės sluoksniai gali sulipti, plėvelė gali būti suglamžyta arba netgi įplėšta. Per silpnai suvyniota plėvelė gali teleskopiškai nuslysti nuo ritinio, ypač jei naudojama slydimo medžiaga.

Kadangi LDPE plėvelė savaime yra tąsi, reikia vengti jos pertempimo. Plėvelės vyniojimo sistemos yra suprojektuotos taip, kad, vyniojant plėvelę ant ritinio, būtų galima užtikrinti vienodą plėvelės įtempimą. Gali būti naudojamas ir paviršiaus (kontaktinis), ir centrinis vyniojimo būdai, tačiau kontaktinis vyniojimo būdas yra standartinis.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. LDPE plėvelės gamybos iš panaudotos ir pakartotinai perdirbtos LDPE medžiagos būdas, apimantis panaudotų gaminių iš LDPE medžiagos rūšiavimą; išrūšiuotų LDPE gaminių susmulkinimą į skiautes; skiaučių patalpinimą į tirpiklį, siekiant pašalinti prie skiaučių prilipusius spausdinimo dažus; skiaučių plovimą ir šildymą, gaunant išlydytą plastiko mišinį; mišinio regranuliavimą; ir regranuliuotos medžiagos padavimą į ekstruzijos liniją, kad būtų pagaminta rankovės pavidalo LDPE plėvelė, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad:

a) panaudotos LDPE atliekos išrūšiuojamos, pašalinant plėvelę su tamsios spalvos spausdinimo dažais, popierines ir metalo folijos etiketes;

b) paruošiamas mišinys, turintis 70% skaidrios ir ne storesnės kaip 35 µm plėvelės ir 30% skaidrios elastinės plėvelės;

c) išrūšiuotos LDPE atliekos išplaunamos šalto plovimo būdu, panaudojant tokias technologijas kaip malimas, plūdrių-skęstančių dalelių separavimas ir plovimas trintimi;

d) išplautos medžiagos susmulkinamos į skiautes ir jos išlydomos, gaunant homogenišką polimero lydalą;

e) lydalas išfiltruojamos, naudojant metalinę plokštelę su kūgio formos angomis, kurių dydis yra nuo 90 iki 110 µm;

f) tokiu būdu gautos granulės sumaišomos su priedais ir vėl regranuliuojamos, gaunant galutinai homogenizuotas ir išfiltruotas granules;

g) granulės paduodamos į ekstruzijos liniją, kad būtų gauta galutinė perdirbta rankovės pavidalo LDPE plėvelė, kurios sienelės storis yra nuo 5,0 iki 7,0 µm.

2. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad granulių maišymas f) etape trunka 1 valandą.

3. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad homogenizavimui f) etape naudojamas ekstruderis, kurio sraigtas yra ne mažesnis kaip 120 mm.

4. Būdas pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad naudojami barjerinio tipo sraigtai.

5. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad filtravimui f) etape

naudojama atgalinio praplovimo sistema su penkiais vielinių tinklų ekranais, susidedančiais iš dviejų išorinių ekranų su 150 µm pynimo tarpais, dviem vidiniais ekranais su 100 µm pynimo tarpais ir vienu viduriniu galutinio filtravimo ekranu su 40-50 µm pynimo tarpais.

6. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ekstruzijos variklio galia yra ne mažesnė kaip 20 kW.

7. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ekstruderis g) etape naudoja sraigtą, kurio ilgio ir skersmens (L/D) santykis yra ne mažesnis kaip 27:1.

8. Būdas pagal 7 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad suspaudimo laipsnis tarp pirmojo kanalo tūrio sraigto padavimo zonoje (1 zona) ir paskutinio kanalo tūrio sraigto dozavimo zonoje (3 zona) yra ne mažesnis kaip 3,5:1.

9. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ekstruzijos linija naudoja ekstruderio galvutę su siauru tarpeliu, kad gautų nuo 5,0 iki 7,0 µm storio LDPE plėvelę.

10. Būdas pagal 9 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad naudojama galvutė su 0,65–0,85 mm tarpeliu.

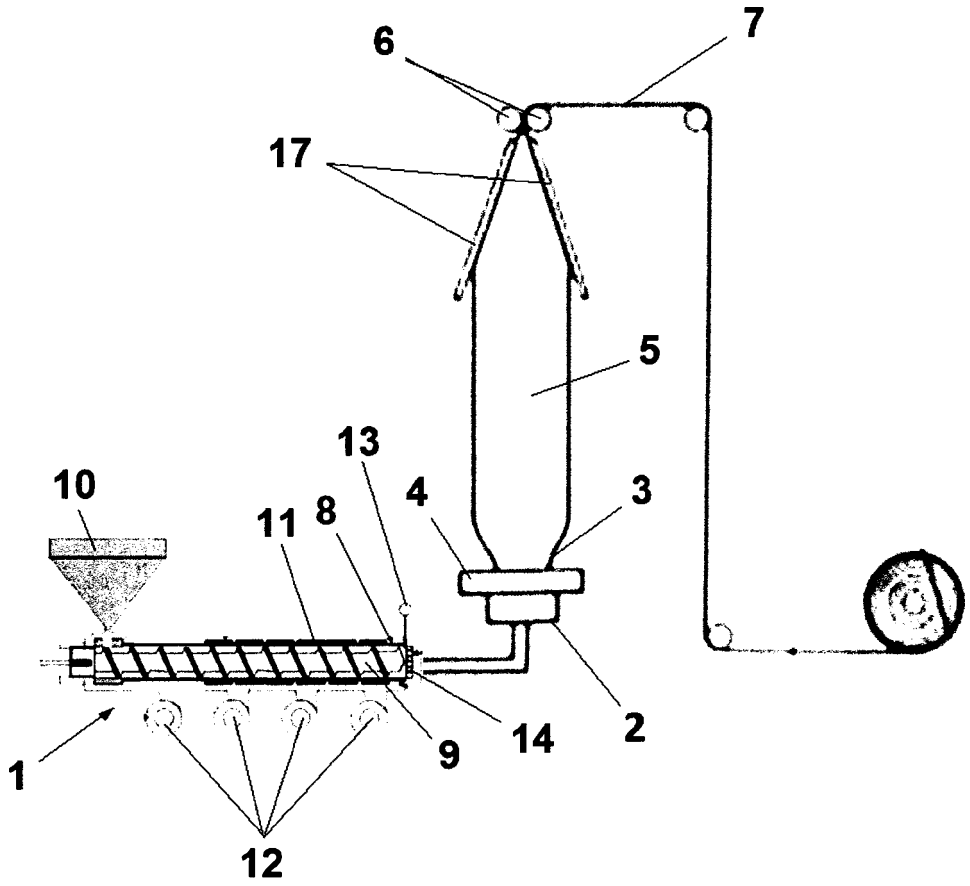
11. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad oro, paduodamo ekstruzijos linijoje per galvutės šerdį, slėgis svyruoja nuo 15 ir 35 kPa.

12. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad išpūtimo ekstruzijos linijoje santykis, t. y. santykis tarp burbulo skersmens ir galvutės skersmens, yra tarp 2:1 ir 3:1.

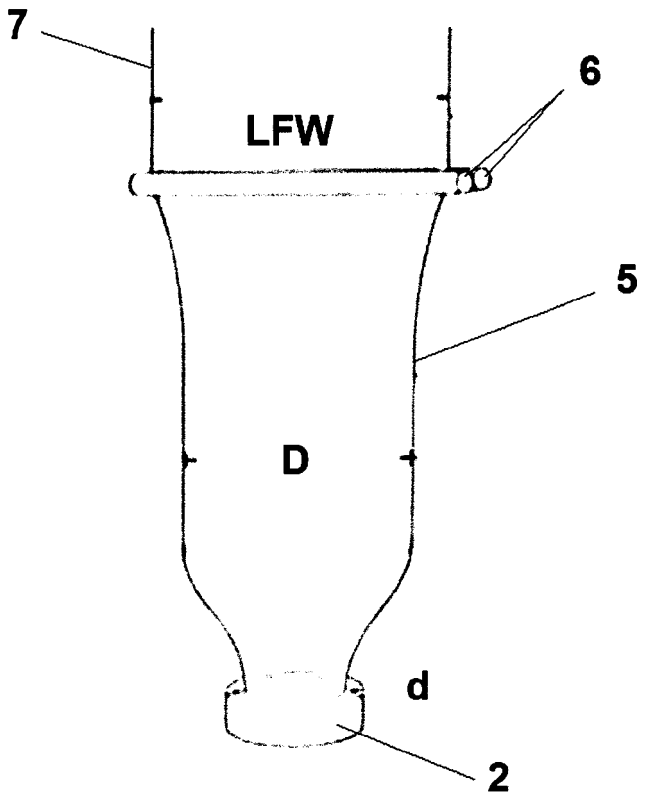
13. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ekstruzijos linijoje naudojamos suglaudinimo plokštės (17), kur kampas tarp plokščių (17) neviršija 45 laipsnių.

14. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ekstruzijos linijoje naudojami suspaudimo ritiniai (6), sumontuoti vertikaliai virš ekstruzijos galvutės (2) mažiausiai dviejų metrų aukštyje tiesiai virš suglaudinimo plokščių (17).

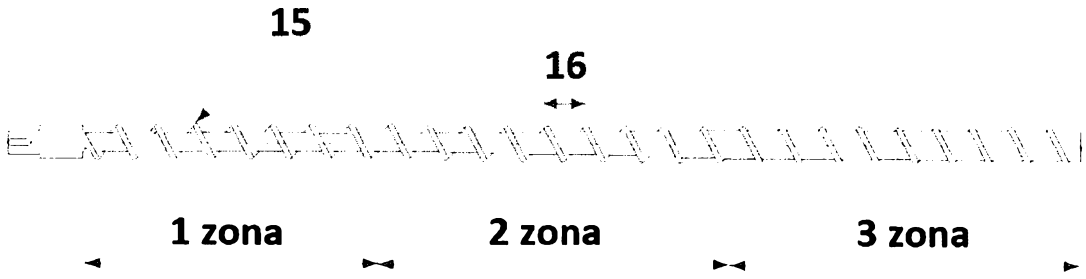
15. LDPE plėvelė, kurios tankis yra 0,925 g/cm, lydymo srauto indeksas (MFI) – 1,0, o sienelės storis – nuo 5,0 iki 7,0 µm, pagaminta būdu pagal 1-14 punktus iš panaudotos ir perdirbtos LDPE medžiagos.



1 pav.



2 pav.



3 pav.