

TERMIŠKAI APDOROJAMŲ PAKUOČIŲ LAMINAVIMO KOKYBĖS TYRIMAS

Darius Kazlauskas¹, Jonas Sidaravičius²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹darius.kazlauskas@vgtu.lt; ²jonas.sidaravicius@vgtu.lt

Santrauka. Nagrinėjama pakuotės laminavimo atsiskyrimo po pasterizacijos esant gana aukštai temperatūrai problema. Išnagrinėti pagrindiniai laminavimo parametrai, juos keičiant buvo nustatomas laminuotų plėvelių stipris. Tirta laminavimo klijų kiekio ir įtempimų suvynioklyje įtaka laminato atsiskyrimui po pasterizavimo dviejų tipų klijais. Vertinant laminavimo stiprį, išnagrinėti ir rasti tinkamiausi gamyboje naudotini laminavimo proceso parametrai, kuriems esant išvengiama laminato atsiskyrimo.

Reikšminiai žodžiai: laminato atsiskyrimas, laminato stipris, įtempimai suvynioklyje, klijų kiekis, pasterizacija.

Įvadas

Bandant gaminti naują pakuotę dažnai iškyla įvairiausių problemų, apie kurias projektuojant gaminį net nenumanoma. Tai gali būti netinkamos medžiagos, jų paruošimas, netinkami darbo režimai arba prastai suprojektuota technologija.

Gaminant pasterizuotą pakuotę galima viena problema – tai pakuotės laminato atsiskyrimas, kai ji sterilizuojama 110 min. esant 95 °C temperatūrai. Ypač ši problema būdinga stovintiems maišeliams su spaustuku. Dažniausiai išsilaminuoja vietos šalia virinimo siūlių, todėl šio tiriamojo darbo objektas bus sterilizuojama pakuotė su spaustuku, kuris privirinamas po spausdinimo. Reikia pastebėti, kad kartais produkcija būna visiškai gera nieko nekeičiant, t. y. nekoreguojant jokių laminavimo proceso parametrų, o kartais visiškai neatitinka reikalavimų. Kita šios pakuotės gamintojų technologija neįmanoma, tad teko ieškoti bei tirti kai kuriuos technologinius parametrus ir ieškoti tokių, kurie ateityje leistų išvengti gamybos nuostolių.

Tyrimo pradžioje panagrinėjus kitų įmonių gamintamus stovinčius maišelius su spaustuku, pastebėtos kelios atsiskyrusios laminato pakuotės. Nėra galimybių nustatyti, kokią technologiją taikė pakuočių gamybos įmonės, t. y. kokius spaudos dažus ir skiediklius, kokio tipo plėveles ir kokius laminavimo klijus naudojo, kokia įranga dirbo ir kokie užsakovo reikalavimai buvo keliami tai pakuotei, tačiau aišku viena, kad tie kokybės reikalavimai tikrai nepasiekti.

Todėl pakuočių laminato atsiskyrimo problema yra aktuali ir nėra aiškūs jos sprendimo būdai.

Tyrimo metodika

Buvo spausdinama dešimtpalve fleksografinė spausdinimo mašina „Fischer&Kreke FLEXPRESS 10S“ polietilentereftalato (PET) plėvelėje, kurios storis 12 μm. PET – šviesi, skaidri, labai tvirta, chemiškai inertinė medžiaga, be kvapo ir skonio, mažai laidži drėgmei. Svarbiausia šio tipo plėvelių fizinė savybė yra didelis paviršiaus stipris, sudarantis 1650 kg/cm², lyginant su 140,6–210,9 kg/cm² mažo tankio polietileno ir 527 kg/cm² celofano. Tokios PET plėvelės savybės, kaip didelis temperatūrų diapazonas, atsparumas tirpikliams ir reagentams, stabilumas, standumas, atsparumas išsitrynimui ir stiprumas, išplečia naudojimo galimybes, tačiau sudaro sunkumų šias plėveles laminuojant.

Spausdinant laminuojamas plėveles buvo naudoti fleksografiniai dažai „270 SERIJA ACCESS-LAM“, kurie yra gausiai pigmentuoti. Jie skirti spausdinti ant polietileno, koekstruoto polipropileno, akrilu padengto polipropileno, plono aktyvuoto poliesterio, PVdC padengto poliesterio, biorientuoto poliamido, popieriaus, vėliau atliekant laminavimo darbus tiek su klijais tirpiklių pagrindu, tiek be tirpiklių. Šie dažai pasižymi puikiu sukibimo atsparumu laminuojant, labai žemu tirpiklių liekanų lygiu, geromis spausdinimo savybėmis.

Buvo laminuojama „Nordmeccanica“ firmos laminatoriumi „Super simplex“ (1 pav.), pasižyminčiu dideliu greičiu, patogiu naudojimu ir nesudėtingu valdymu.

Laminuoti naudota jau atspausdinta PET plėvelė ir 100 μm storio PE (polietilenas) plėvelė be spaudos, kad pakuotė būtų pakankamai standi. PE plėvelė, gaunama iš dervos ekstruzijos būdu, – šviesi, skaidri, netoksinė, atspari



1 pav. Laminatorius „Super simplex“
Fig. 1. Laminator „Super simplex“

vandeniui ir drėgmei, elastinė, bekvapė ir beskonė, išskirtinai elastinė esant žemai temperatūrai, taip pat tai medžiaga kurią galima suvirinti. PE plėvelė plačiai naudojama dėl atsparumo vandeniui, elastingumo žemoje temperatūroje ir palyginti aukšto dujinio pralaidumo. Ji naudojama pakuoti šviežias daržoves, šaldytus produktus ir duonos bei pyrago gaminius. Plėvelės minkštumas ir elastingumas leidžia pirkėjui gerai užčiuopti prekės faktūrą. Šios plėvelės savybės išsaugomos dėl to, kad ji nekaupia vandens ir plastifikatorių, kuriuos gali absorbuoti supakuota prekė. Skirtingai nuo kitų pakavimo medžiagų, PE plėvelė nesensta.

Laminavimo klijai susideda iš dervos ir kietiklio. Šie atskiri klijų komponentai nėra klijai, nes jie nekietėja. Tik sumaišius juos tam tikru santykiu gaunami kietėjančios klijai. Maišymo santykis ir visos darbo temperatūros buvo tokios, kokios nurodytos gamintojų pateiktose gaminių specifikacijose.

Laminavimo darbams naudoti dviejų firmų klijai be skiediklių:

1) „Herberts“ firmos: derva 535 (tankis $1,11 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$), kietiklis 130 (tankis $1,11 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$). Dozavimo proporcija 100:35.

2) „Henkel“ firmos: derva 7780 (tankis $1,16 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$), kietiklis 6080 (tankis $1,16 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$). Dozavimo proporcija 100:45.

Šių klijų panašumai ir skirtumai aprašyti vėliau.

Laminato išsiskyrimo stiprumui matuoti naudotas firmos LLOYD įrenginys LRXPLUS. Šis įrenginys (2 pav.) yra labai patogus atlikti laminato stiprumo testą, kadangi paprastas kompiuterizuotas valdymas su savo programine įranga, iš karto gaunami rezultatai ir maža paklaida (0,2 %).

Tokiu įrenginiu matuojamas ne tik laminato atsiskyrimo stiprumas, bet nustatomos ir atskirų plėvelių tempimo savybės. Visa informacija išsaugoma kompiuteryje grafikų pavidalu. Matuojant nuolat fiksuojamas tempimo stiprumas, vėliau braižomas grafikas, kuriame pažymimos



2 pav. Laminato stiprumo matavimo įranga

Fig. 2. Equipment for the testing of the laminate strength



3 pav. Pneumatiniai gnybtai, laikantys bandinukus

Fig. 3. Pneumatic sample grippers

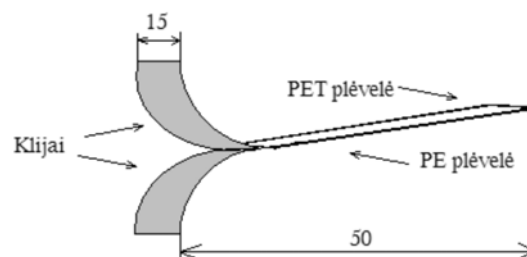
didžiausios ir mažiausios tempimo jėgos. Taip pat fiksuojama tempimo jėga, kurios reikia laminuotoms plėvelėms atskirti, ir jos priklausomybė nuo tempimo laiko. Visuomet pradinė jėga, būtina laminatui ardyti, būna didesnė, o vėlesnė ardyimo jėga paprastai yra mažesnė. Priklausomybės niekada nebūna tiesios, jose daug didesnių ar mažesnių šuolių, nes laminato stiprumo matavimo įranga jautri ir fiksuoja bet kokį jėgos pokytį, atsirandantį, matyt, dėl ne visai vienodo laminavimo stiprio išilgai bandinio.

Laminato atsiskyrimo jėgai nustatyti ruošiami bandiniai (3 pav.). Iš karto po laminavimo iš sulaminuoto pavyzdžio iškerpamos $15 \times 50 \text{ mm}$ juostelės ir būtinai iš tų vietų, kur nėra spaudos. Kitu atveju bandymų rezultatai būtų netikslūs ir jų nebūtų įmanoma pakartoti, kadangi tarp plėvelių būtų ne tik klijų, bet ir spaudos dažų.

Laminato atsiskyrimui tirti naudoti didesni sulaminuoti pavyzdžiai ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$) (4 pav.). Jie buvo džiovinami termostate $70 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje kartu su laminato stipriui tikrinti paruoštomis juostelėmis.

Pavyzdžių džiūvimo laikas:

1. „Herberts“ firmos klijai 535/130: sulaminuotų juostelių tempimo bandymai buvo atlikti po 30, 60, 90 minučių džiovinimo. Iš viso naudoti 6 pavyzdžiai, pagaminti esant skirtingiems laminavimo parametrams.



4 pav. Bandiniai laminato stipriui matuoti

Fig. 4. Samples for the testing of lamination strength

2. „Henkel“ firmos klijai 7780/6080: sulaminuotų juostelių tempimo bandymai buvo atlikti po 20, 40, 60 minučių džiovinimo, nes jie greičiau džiūsta nei „Herberts“ klijai. Iš viso pateikti 5 pavyzdžiai esant skirtingiems laminavimo parametrams.

3. Didesni sulaminuoti pavyzdžiai (0,5×0,5 m) laikomi termostate, kol visiškai išdžius, paprastai apie 2,5 h. Iš viso 11 (6 su „Herberts“ ir 5 su „Henkel“ klijais) pavyzdžių esant skirtingiems laminavimo parametrams.

Po džiovinimo termostate didesni pavyzdžiai toliau dedami į vertikalų garinį termostatą, kuriame jie laikomi 110 minučių 90–95 °C temperatūroje. Išimti iš garinio termostato laminato pavyzdžiai palaikomi po šaltu bėgančiu vandeniu iš čiaupo. Atvėsus pavyzdžiams, vizualiai tikrinamas laminato atsiskyrimo lygis.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Abiejų klijų – „Herberts“ 535/130 ir „Henkel“ 7780/6080 – darbo temperatūros buvo tokios pat: paruošimo 38 °C, dengimo veleno 38–45 °C, laminavimo veleno 40–45 °C. Laminavimo greitis – 150 m/min. Visos kitos laminavimo sąlygos buvo tokios pat, kad būtų gauti rezultatai, kuriuos įmanoma pakartoti. Tačiau atliekant tempimo bandymus iš karto pastebėta, kad klijai „Henkel“ 7780/6080 džiūsta gerokai greičiau, todėl su šiais klijais pagamintus laminato bandinius džiovinant teko tempti kas 20 minučių, o ne kas 30, kaip laminuojant klijais „Herberts“ 535/130. Su skirtingais kiekiais klijų esant skirtingoms tempimo jėgoms buvo atlikta po tris tempimo bandymus. Vadinasi, su klijais „Herberts“ 535/130 tempimo bandymai buvo atlikti nustatant laiką nuo pavyzdžių įdėjimo į termostatą po 30, 60, 90 minučių, o su klijais „Henkel“ 7780/6080 tempimo bandymai atlikti po 20, 40, 60 minučių. Būtent su pastaraisiais klijais atliekant tempimo bandymą ilgiau nei po 1 valandos džiovinimo 70 °C temperatūroje bandinys iš karto nutrūksta, paprastai per PET plėvelę, nes PE plėvelė yra silpnesnė už klijus.

Laminuojant buvo keičiami tik du parametrai: tepamų klijų kiekis ir laminuotos produkcijos vynioklio tempimo jėga. Klijų gamintojai beveik visada gaminio duomenų lapuose nurodo, kad jų rekomenduojamas klijų kiekis – 1–2 g/m². Tačiau tai gana plačios ribos, kadangi iš praktikos žinoma, kad 1 g/m² klijų laminatui su spauda yra tikrai per mažai: gali atsirasti pūslių, dėmių, pasterizuotos produkcijos gali atsiskirti laminatas. Naudoti daugiau nei 2 g/m² klijų laminatui rizikinga, nes plėvelės gali slysti viena kitos atžvilgiu ir suvynioto ritinio šonai bus nelygūs. Toks ritinys būtų netinkamas tolesnėms produkcijos apdirbimo operacijoms, nes rulono plėvelės kraštai

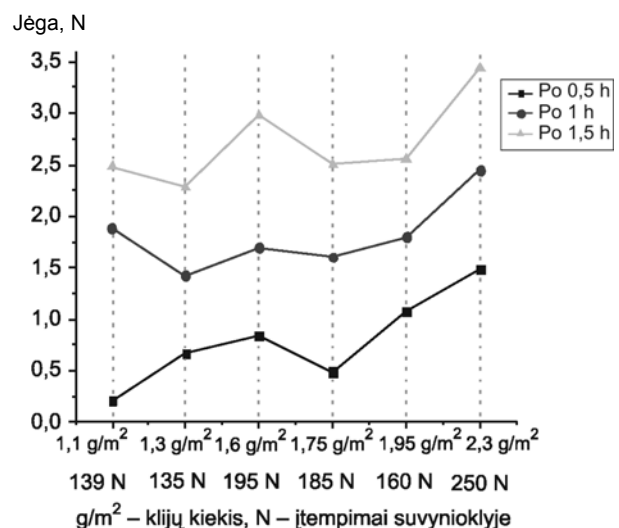
būtų nevienodai įtempti ir krašte atsirastų raukšlių, todėl labai svarbu žinoti optimalias klijų kiekio ribas.

Kitas svarbus dalykas yra ant plėvelės užspausdintas santykinis plotas, paprastai išreiškiamas procentais. Kuo daugiau spaudos yra ant plėvelės, tuo mažesnė tikimybė, kad ritinys gali išslysti, nes pasidengę spaudos dažai sudaro tam tikrą šiurkštumą, o tai apsunkina plėvelių prasklydimą.

Tai pat didelę reikšmę turi suvynioklio įtempimo jėga. Per maža jėga lemia mažesnę laminato stiprumą, gali atsirasti pūslių. Kai jėga per didelė – padidėja rizika, kad sulaminuotas rulonas gali išslysti.

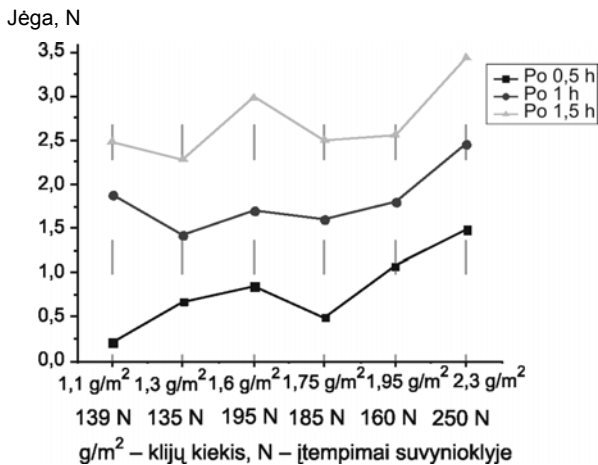
Kiekvienam bandiniui buvo apskaičiuoti vidurkiai vidurkinant vertes, gautas per visą tempimo laiką, ir pateikti 5 pav. Matome, kad laminuoti naudojant klijus „Herberts“ 535/130 laminavimo stipris priklauso nuo klijų kiekio ir tempimo jėgos suvynioklyje. Didžiausias laminato stiprumas pasiekiamas, kai klijų kiekis ir tempimo jėga yra didžiausi. Šiame grafike pastebimas ir kitas efektas: jei klijų kiekis tarp plėvelių didinamas, tačiau įtempimai laminato suvynioklyje paliekami tokie patys ar net sumažinami, tai laminato stiprumas nedidėja, bet gali net sumažėti. Vadinasi, norint padidinti klijų „Herberts“ 535/130 laminato stiprumą, reikia didinti tarp plėvelių tepamų klijų kiekį ir būtinai pagal galimybes didinti tempimo jėgą produkcijos vynioklyje.

Panašios priklausomybės laminuojant „Henkel“ 7780/6080 klijais pateiktos 6 pav. Matome, kad laminavimo stipris priklauso nuo klijų kiekio ir nuo tempimo



5 pav. Laminavimo stiprio kitimas esant skirtingam „Herberts“ 535/130 klijų kiekiui ir tempimo jėgai. Bandinių džiovimo laikas – 0,5, 1 ir 1,5 h

Fig. 5. Lamination strength dependence on the amount of the adhesive „Herberts“ at different tension force. Drying time – 0.5, 1 and 1.5 h



6 pav. Laminavimo stiprio kitimas esant skirtingam „Henkel“ 7780/6080 klijų kiekiui ir tempimo jėgai. Bandinių džiūvimo laikas 20, 40 ir 60 min.

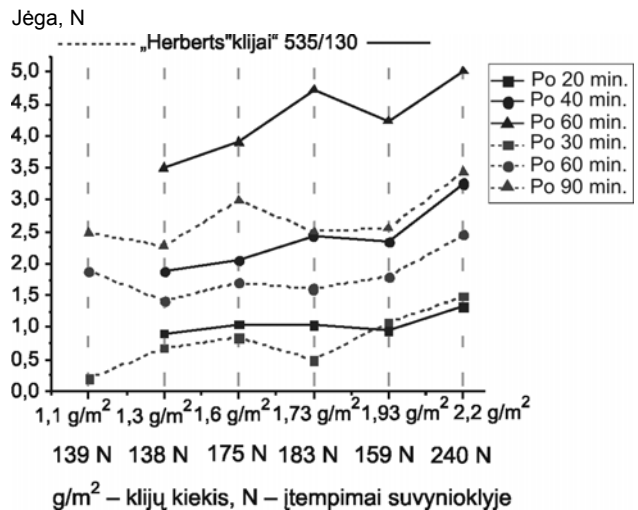
Fig. 6. Lamination strength dependence on the amount of the adhesive „Henkel“ 7780/6080 at different tension force. Drying time – 20, 40 and 60 min.

jėgos vynioklyje. Mažiausias laminavimo stiprumas naudojant klijus „Henkel“ 7780/6080 pasiekiamas tada, kai yra mažiausia klijų ir mažiausias įtempimas. Didžiausias laminato stiprumas ten, kur daugiausia klijų ir įtempimų. Jei klijų kiekis tarp plėvelių didinamas, tačiau įtempimai laminato vynioklyje paliekami tokie patys ar net sumažinami, tai laminato stiprumas nedidėja, bet gali net sumažėti.

Vadinasi, norint klijais „Henkel“ 7780/6080 padidinti laminato stiprumą, lygiai taip pat kaip ir klijais „Herberts“ 535/130, reikia didinti tarp plėvelių tepamų klijų kiekį ir pagal galimybes – tempimo jėgą produkcijos vynioklyje.

Abiejų rūšių laminavimo klijai palyginti 7 pav. Matome, kad lyginant laminavimo naudojant „Herberts“ 535/130 ir „Henkel“ 7780/6080 klijus stiprį esant tiems patiems laminavimo režimams klijai „Henkel“ 7780/6080 yra akivaizdžiai pranašesni. Pirma, jie daug greičiau kietėja. Tai ypač svarbu planuojant gamybą, kadangi gaminio gaminimo trukmė sutrumpėja, ir po laminavimo praėjus trumpesniai laikui jau galima atlikti kitas produkcijos apdirbimo operacijas. Antra, laminato atsiskyrimo reiškinys po pasterizavimo išnyksta naudojant mažesnę klijų kiekį, tai leidžia sutaupyti ir mažinti produkcijos savikainą. Be to, prireikus dar lieka tam tikra galimybė didinti klijų kiekį, jei po pasterizavimo laminatas pūslėtų ar būtų kiti nepageidaujami veiksniai.

Tiriant didelių pavyzdžių laminato atsiskyrimo lygį buvo nustatyti klijų kiekiai ir įtempimo jėgos, kurių reikia tam, kad būtų išvengta laminato atsiskyrimo sterilizuojant pakuotę. Laminuojant sterilizuojamą pakuotę, kurios



7 pav. Laminavimo stiprio palyginimas naudojant „Henkel“ 7780/6080 ir „Herberts“ 535/130 klijus

Fig. 7. Comparison of the lamination strength of „Henkel“ 7780/6080 and „Herberts“ 535/130 glues

90–100 % ploto užspausdinta, klijų kiekio turi būti ne mažiau kaip 2,2 g/m² esant tempimui vynioklyje, ne mažesniai kaip 200 N. Laminuojant neužspausdintas plėveles PET+PE klijų kiekis turi būti 1,4–1,6 g/m² esant laminato atsiskyrimo tempimui suvynioklyje, ne mažesniai kaip 150 N.

Išvados ir rekomendacijos

1. Laminavimo stipris didėja didinant klijų kiekį ir tempimą produkcijos suvynioklyje.
2. Laminavimo stipris didėja nereikšmingai, kai klijų kiekis ir tempimas juostos suvynioklyje didinami atskirai.
3. Gaminant pasterizuotus maišelius, svarbu parinkti tinkamą siūlių lydymo temperatūrą, nes per aukšta temperatūra kenkia ne tik pakuotei, bet ir laminavimo klijams, dėl to gali pasireikšti laminavimo atsiskyrimas po pasterizavimo šalia pakuotės siūlių.

Literatūra

Fleksografinių spiritinių dažų markės ir jų savybės [interaktyvus], [žiūrėta 2009 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.spaudosdazai.lt/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=42>.

Laminato stiprumo testavimo įranga [interaktyvus], [žiūrėta 2009 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <www.njcforce.com/Materials%20testing/LRXPLUS.pdf>.

PET plėvelės polimerinės jungtys [interaktyvus], [žiūrėta 2009 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.putoksnis.lt/article/archive/140/>>.

PE plėvelių rūšys [interaktyvus], [žiūrėta 2009 m. sausio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.technologijos.lt/n/mokslas/gamta_ir_biologija/straipsnis?name=straipsnis-3710&l=2>.

Spaudos įrenginio Fischer&Kreke FLEXPRESS 10 S pagrindiniai parametrai [interaktyvus], [žiūrėta 2009 m. sausio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.canflexo.com/canflexo/fischer.htm>>.

Spausdinimo įrenginys Fischer@Kreke FLEXPRESS 10 S [interaktyvus], [žiūrėta 2009 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.bobstgroup.com/Global/Corporate/en/Tradenames/FISCHER_KRECKE/index.htm>.

Sun Chemical Corporation Laminated Flexible Packaging Source book. 1999. Chicago.

Гуль, В. Е. 1975. *Структура и прочность полимеров*. Москва.

Козлов, В.; Брагинский, Г. И. 1965. *Химия и технология полимерных пленок*. Москва.

INVESTIGATION INTO THE QUALITY OF THERMALLY TREATED PACKAGE LAMINATION

D. Kazlauskas, J. Sidaravičius

Abstract

The article deals with the problem of delaminating the package after pasteurization at relatively high temperatures. The main parameters of the lamination process influencing lamination strength were determined. The role of the amount of lamination glue and tension in the rewinder for two glue types were experimentally examined defining lamination regimes at which the process of delamination is excluded.

Keywords: delamination, lamination strength, rewinder tension package, thermal treatment, adhesive, pasteurization.