

A meleg tapadás fontossága a töltőgépeken lehegesztett fóliazacskók tökéletes lezárásában

A flexibilis csomagolástechnikában a fóliatömlőt a töltőgépeken töltés után azonnal hegesztéssel zárják le. A töltet formájától, tömegétől függően a még meg nem dermedt hegesztővarrat a rá ható feszültségtől részlegesen vagy teljesen felnyílhat. Ezért a legtöbbször többrétegű fóliákban olyan hegesztőréteget kell alkalmazni, amelyben a hegesztőpofák felnyílása után a még meg nem dermedt ömledéknek elég nagy a meleg tapadása (amely nem azonos a hegesztés meleg szilárdságával), és ellenáll a felnyílásnak. A jó meleg tapadásnak megvannak a maga fortélyai. Erről szól a következő szöveg.

Tárgyszavak: csomagolástechnika, többrétegű fóliák; zacskók hegesztése; meleg tapadás; hőátadási modellek.

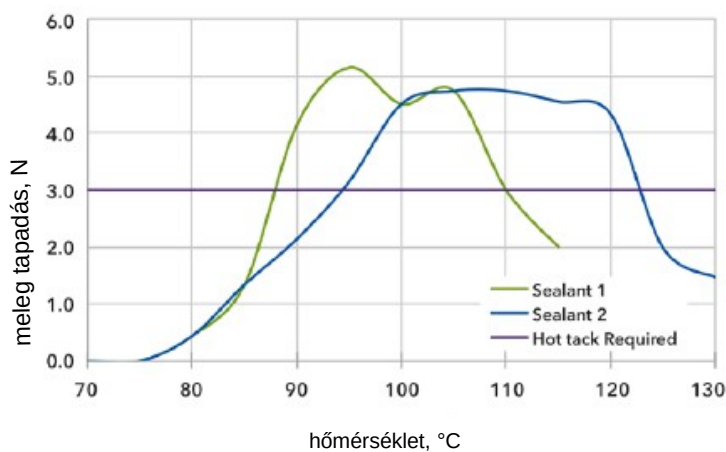
Ha egy töltőgépen az áru betöltése után a hegesztési varratban az összehegesztendő felületek között kialakuló ömledéknek lehűlés előtt nem elég nagy az ún. meleg tapadása, a varrat könnyen felnyílik, a lezárás tökéletlen lesz. Ez különösen könnyen előfordul nehezebb darabos vagy fagyasztott áru csomagolásakor és merev hegesztőfóliák alkalmazásakor. Puha vagy laza töltetnél ritkábban következik be.

A fóliagyártók a hegesztőréteg kiválasztásakor általában olyan polimer mellett döntenek, amelynek a hőmérséklet függvényében a legnagyobb a maximális meleg tapadása. Ez két ok miatt sem bölcs döntés. Az ilyen adatokat ugyanis általában valamilyen speciális vastagságú egyrétegű fólián mérik, a zacskók viszont többnyire többrétegű fóliákból készülnek, ami nem kis mértékben befolyásolja a meleg tapadást, és ugyanez vonatkozik a fólia vastagságára is.

Az 1. ábra két 50 µm vastag egyrétegű hegesztőfólia meleg tapadási erejét mutatja. Sokan azt gondolnák, hogy a magasabb csúcsot tartalmazó, 95 °C maximális értéket adó 1. fóliát kellene választani; valójában az alacsonyabb, de a szükséges értéket meghaladó és hosszabb ideig megtartó 2. fóliával jobban járnának. *A magasabb tapadási erő ugyanis a hőmérséklet növekedésével gyorsan csökken.* A plató hőmérséklete alatt a polimer molekuláinak mozgékonyasága már kisebb, emiatt nem képesek a partneranyag molekuláival elegyedni, összegabalyodni, kötéseket képezni. A plató feletti tartományban létrejönnek az ilyen kötések, de könnyen szét is csúszhatnak, és a molekulák visszakerülnek a saját polimerjükbe. Ezért célszerű a platót szélesíteni és a meleg tapadás hőmérsékletét az két összehegesztendő felület között minél tovább fenntartani. A hegesztés utáni lehűlés meggyorsításával csökkenthető a molekulák mozgékonyasága és hosszabban fenntartható a meleg tapadás állapota.

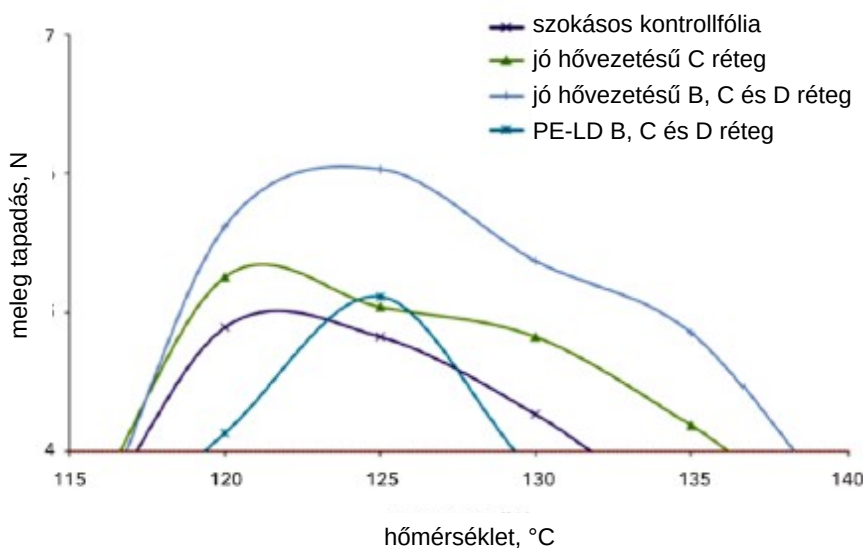
Amikor a hegesztés után a hegesztőpofák szétnyílnak, az általuk közölt hő a fólia belső rétegei felé áramlik. Ha ezeknek a belső rétegeknek jó a hővezető képessége, megnövekszik a hőátadás sebessége, ami meghosszabbítja a meleg tapadás időtartamát.

A 2. ábra olyan koextrudált ötrétegű fóliák meleg tapadását mutatja a hőmérséklet függvényében, amelyek első (A) és hátsó (E) rétege azonos polimerből (oktén komonomert tartalmazó lineáris kis sűrűségű polietilénből, PE-LLD-ből) készült, belső rétegei eltérőek. Az első, kontollként alkalmazott fólia mindhárom belső (B, C, D) rétege buténtartalmú PE-LLD; a második, jó vezetőképes fólia B és D rétege ugyancsak buténtartalmú PE-LLD, C rétege közepes sűrűségű polietilén, PE-MD. A harmadik, szintén jó hővezető képességű fólia B, C, D rétege PE-MD; a negyedik fólia B, C, D rétege egyformán kis sűrűségű polietilén, PE-LD. A PE-MD szélesíti a meleg tapadás hőmérséklet-tartományát, a PE-LD ezzel szemben szűkíti azt, amint ez az ábrán jól látható.



1. ábra Két egyrétegű, 50 µm vastagságú hegesztőfólia meleg tapadása a hőmérséklet függvényében

Zöld: 1. fólia
Kék: 2. fólia
Lila: szükséges meleg tapadás



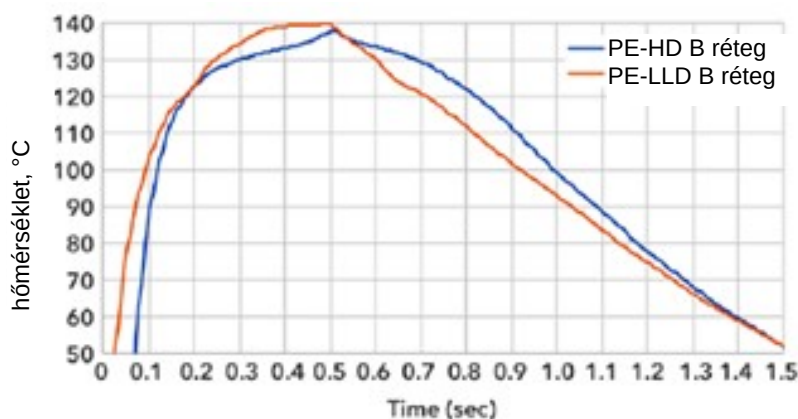
2. ábra Különböző felépítésű koextrudált ötrétegű fóliák meleg tapadása. A fóliák első és hátsó hegesztőrétege azonos polimer, belső rétegei különböző polimerek.

A PE-HD hővezető képessége jobb a PE-LD-énél és a PE-LLD-énél is. Ezért azt lehetne várni, hogy ez az ideális polietiléntípus a jó meleg tapadás széles tartományának elérésére. A kísérletek ezt cáfolják. Egy kísérletben a kutatók kétféle, ugyancsak ötrétegű fóliákat készítettek, amelyek felépítése csak a B rétegben különbözött. Az A réteg egyformán oktén komonomert tartalmazó PE-LLD, a C réteg ugyanez, a D réteg buténtartalmú PE-LLD, az E réteg PE-HD réteg volt. A B réteg az egyik fóliában butén komonomerrel kopolimerizált PE-LLD-ből, a másikban PE-HD-ből készült. Az előbbi fólia 120 °C körül érte el a meleg tapadás maximumát, amely megközelítette a 11 N-t, a PE-HD B réteggel készített fólia 130 °C körül 9,25 N csúcserőértéket adott. Az első fólia tapadási ereje 9 N felett volt kb. 108–140 °C között és 8 N felett kb. 102–150 °C között. A második, PE-HD B réteget tartalmazó fólia 9 N feletti tapadási erőt mindössze kb. 127–132 °C között, 8 N feletti tapadási erőt kb. 123–138 °C között mutatott.

Ennek a jelenségnek az oka a PE-HD kristályos szerkezete. A kristályos szerkezet megolvastása több hőt igényel, mint a kisebb sűrűségű polietiléneké, hűtéskor – amikor a kristályosodás megindul – viszont több hőt ad le a környezetbe. Ez a hőmennyiség a PE-HD megdermedésekor látens hőként lassítja a hegesztett réteg lehűlését, és ellensúlyozza a PE-HD jobb hővezető képességét.

A jó vezetőképesség és a látens hő bonyolult viszonya megnehezíti a jó meleg tapadású többrétegű fóliák szerkezetének tervezését. A hőátadást leképező modellekkel tanulmányozni lehet a többrétegű fóliákban bekövetkező hőmérsékleti viszonyokat. Jól használható modellekkel meg lehet becsülni az alkalmazott polimerek termodinamikai tulajdonságainak ismeretében a fóliák egy-egy diszkrét pontján a várható hőmérsékleteket, és ki lehet számítani az optimális hegesztési paramétereket, a hegesztési hőmérsékletet és annak időtartamát.

A 3. ábra csak a B rétegben eltérő két ötrétegű fólia görbéjén azt mutatja, hogy hogyan változik a hegesztés után a hegesztési varratban a hőmérséklet az idő függvényében. 0,8 s után a PE-HD réteget tartalmazó fólia hőmérséklete meredekebben csökken, mint a PE-LLD réteget tartalmazóé, ami a PE-HD nagyobb hővezető képességéből adódik. Az hegesztőpofák kinyílása utáni 0,5 s-ig viszont a PE-HD-ből felszabaduló látens hő miatt ebben a fóliában magasabbak a hőmérsékletek, mint a PE-LLD B-rétegűjében. Nagy sebességű fotográfiával megfigyelhető volt, hogy a hegesztőpofák szétnyílásakor már néhány milliszekundum után megfigyelhető a töltet megmozdulása okozta varrat szétválása, és ez 0,3 s körül érheti el a maximumot.

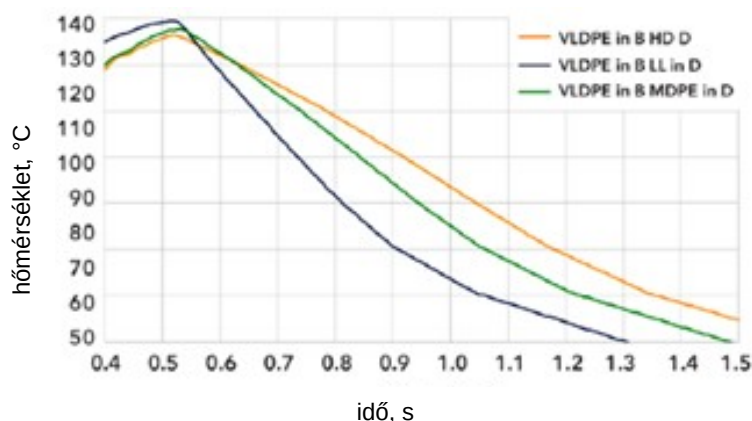


3. ábra A csak a B réteg anyagában eltérő két ötrétegű fólia hegesztővarratában a hegesztés után mért változó hőmérsékletek az idő függvényében

idő, s

A PE-LLD réteget tartalmazó fólia 0,8 s-ig jobban hűl, emiatt ebben a szakaszban jobban ellenáll a töltet megmozdulása okozta erőhatásnak. Ezzel magyarázható az, hogy a PE-LLD-t tartalmazó fólia meleg tapadásának sokkal szélesebb a hőmérséklet-tartománya különböző hegesztési hőmérsékletek mellett is.

A 4. ábra erre alkalmas modell alapján kiszámított három ötrétegű fólia hegesztés utáni hőmérséklet-változásait mutatja a hegesztési varratban. Az eredeti fóliák felépítése nagyon hasonló, csupán a B réteg anyagában tértek el egymástól (1. táblázat).



4. ábra Modell alapján előrejelzett hőmérséklet-változások három hasonló felépítésű ötrétegű fóliában, amelyek abban különböznek egymástól, hogy a B réteget képező PE-HD, PE-LLD vagy PE-MD helyett PE-VLD réteget és két fóliában a D réteget képező PE-LLD réteg helyett szintén PE-VLD réteget építettek.

VLDPE in B HD = B réteg PE-HD helyett PE-VLD, D réteg változatlanul PE-LLD.
 VLDPE in B LL in D = B réteg PE-LLD helyett PE-VLD, D réteg PE-LLD helyett PE-VLD.
 VLDPE in B PE-MD in D = B réteg PE-MD helyett PE-VLD, D réteg PE-LLD helyett PE-VLD.

1. táblázat

A modellszámításokban alkalmazott fóliák eredeti felépítése

Fólia /réteg	A	B	C	D	E
1	oktén sLL*	PE-HD	oktén LL*	butén LL**	PE-HD
2	oktén sLL	butén LL	oktén LL	butén LL	PE-HD
3	oktén sLL	PE-MD	oktén LL	butén LL	PE-HD

* okténtartalmú PE-LLD változatai.

** buténtartalmú PE-LLD.

A számításokban azt vizsgálták, hogy hogyan változik a hegesztési varratban a hőmérséklet, ha a B réteget – az eredeti PE-HD, PE-LLD vagy PE-MD réteget – nagyon kis

sűrűségű polietilénnel (very low density polyethylene, VLPELD; hazai jelölésmód szerint PE-VLD) helyettesítik, vagy két fóliában emellett a D réteg PE-LLD-jét ugyancsak PE-VLD-re cserélik.

A 4. ábrán látható, hogy a leggyorsabban akkor csökken a hőmérséklet a hegesztési varratban, ha mindkét rétegben elvégzik a cserét. Ez az eredmény azonban konkrétan csak ezekre a fóliákra jellemző. Ha a rétegek aránya, egy újabb polimer beépítése, a fólia vastagsága, a hegesztés paraméterei változnak, a hűlés sebessége és a meleg tapadás jellemzői is megváltoznak. Különböző fóliák különböző paraméterekkel végzett szimulációs vizsgálatai arra utalnak, hogy nagyobb sűrűségű alapanyagok csak akkor hoznak pozitív eredményt, ha alapos meggondolás után építik be ezeket a többrétegű fóliákba.

A meleg tapadás nem anyagi jellemzője a hegesztőréteggént használt polimereknek, mert ennek mértéke számos tényezőtől: a többrétegű fólia felépítésétől, a hegesztés körülményeitől, a benne lévő anyagok termodinamikai tulajdonságaitól is függ. Egy jól felépített hőátadási modell nagyon hasznos lehet, de egyetlen modell sem tökéletes, és a fóliák tervezőinek mindig érdemes az általuk sugallt adatokat valódi mérésekkel ellenőrizni.

Összeállította: Pál Károlyné

Ward, Dan: Optimised film structures add hot tack/seal integrity = Film & Sheet Extrusion, 2020. március, p. 39, 40, 42, 44. www.filmandsheet.com

The relationship between hot tack force of packaging material and filling efficiency = <https://www.labthinkinternational.com/literatures/relationship-between-hot-tack-force-of-packaging-material-and-filling-efficiency.html>