

Изследване на процеса на термично лепене на гъвкави фолия с опаковки от полистирол

Стефан Стефанов, Христо Христов, Васил Жулев

Abstract: *In recent years in the packaging industry enter new packaging materials. The aim is to improve the quality of packaging, reduce costs and improve ecological environment. In the packaging of dairy products are increasingly seen the use of new films based on polymers and composites. Ensuring optimal process parameters of thermal welding prior experimental study of the regimes, temperature, contact time and magnitude of pressure between the container and the closure foil.*

The work presents experimental data of hot sealing cups of yogurt with different covers. To obtain a quality weld is varies with the temperature of the sealing head and time compression

Key words: *sealing, packaging, temperature sealing*

ВЪВЕДЕНИЕ

Под термично лепене (термозаваряване) в опаковането се разбира процес на свързване на два еднакви или различни материала на една опаковка с помощта на топлина. Вследствие на термозаваряването в зоната на нагриване между двата материала се образува преходен слой. Източниците на топлина могат да са различни, както и характера на създаваното топлинно поле. Преходният слой при линейни и разклонени полимери се образува в резултат на дифузия на макромолекулите на контактуващите материали, намиращи се във вискозотечно състояние (дифузионно заваряване) или в резултат на химическа реакция на присъединяване, произхождаща между звената на молекулите на съединените повърхнини (химическо заваряване).

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Качеството на оформения термичен шев, както и времето за неговото реализиране зависят от силите на междумолекулните взаимодействия, съвместимостта на полимерите и условията за протичане на процеса. При първоначално избрани опаковъчни материали влияние върху качеството може да се окаже чрез оптимизиране параметрите на процеса на термозаваряване – температура, време за загреване и сила на притискане на свързаните повърхнини. Температурата на заваряване на опаковъчните материали трябва да е над температурата за топене при кристалните или аморфните полимери, но по-ниска от температурата на деградация. При кратковременно заваряване (0,05÷0,2 s) температурата на загреване може да надвиши температурата на деградация.

Условие за качествено осъществяване на процеса термозаваряване е създаването на определено налягане в зоната на контактуване на повърхнините, в резултат на което те се приближават на разстояние, при което възникват междумолекулни взаимодействия. Големината на необходимото налягане зависи от вискозитета на разтопения полимер и температурата на неговото разкъпване. Създаването налягане съществено влияе на якостта на шева.

Продължителността на процеса на заваряване τ_s е свързана с температурата на заваряване T_s с експоненциалната зависимост

$$\tau_s = \tau_0 \exp\left(\frac{U_{\text{диф}}}{RT_s}\right) \quad (1)$$

където τ_0 – константа, $U_{\text{диф}}$ – енергията на активация на дифузията на макромолекулите и R – универсалната газова константа.

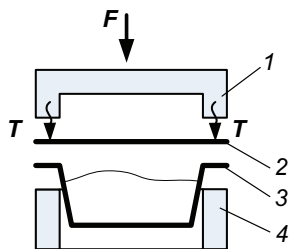
В процеса на заваряване поведението на опаковъчните материали зависи от техните реологични свойства и е прието те са се класифицират в три основни групирани или добре заваряеми материали, трудно заваряеми материали и лошо или

незаваряеми материали. Класификацията е направена според това каква е необходимата енергия за активиране на вискозно течение и протичане вследствие на това дифузия, създаваща условия за осъществяване на термичен шев.

В процеса на пълнене и затваряне на опаковките времето за осъществяване на качествен шев е малко и изисква правилен подбор на материалите-опаковки и затварящи фолия, както и оптимални режими на процеса на термозаваряване. За опаковъчни материали с неподходяща съвместимост-трудно или лошозаваряеми, през последните години се прилагат нови технологии. Върху опаковъчните материали, предимно фолията, се нанасят покрития, които осигуряват съвместимост и осъществяването на процеса на термозаваряване при ниски температури, за кратко време и неизискващи големи налягания в зоната на контакт.

Слоят за термозаваряване служи като «посредник» за сцеплението и се активира от топлината. В повечето случаи само едната част от опаковката носи слоя за горещо запечатване. Температурата за активирането му зависи от състава на материала и варира в широки граници (60 °C до 140 °C, а за някои материали и повече). Съединяването на различни материали, като картон и пластмаса, в опаковъчната техника се извършва чрез термозаваряване, като слой за «горещо запечатване» винаги се намира върху картоната. Най-често подаването на топлината е откъм задната страна (гърба) (Фиг.1) на картоната или отрязъка от фолио с покритие. Термозаваряването е най-често използваният и сравнително най-евтин метод за затваряне на пълните с продукт опаковки.

Съгласно фиг.1 термозалепващата плоча 1 се нагрява от вграден електрически нагревател. Между приспособлението за закрепване и термозалепващата плоча трябва да се създаде натиск. Натискът, времето (продължителността) и температурата за термозаваряване са взаимно зависими. При по-малък натиск (по-голяма запечатвана повърхност) температурата за запечатване е по-висока и/или времето за термозаваряване е по-голямо.



Фиг. 1: Процес на термично залепване

- 1 – Термозалепваща плоча;
- 2 – Покриващо фолио;
- 3 – Опаковка;
- 4 – Приспособление за закрепване на опаковката

При процеса на термолепене на опаковки с покриващо фолио, използването на много висока температура понякога води до увреждането на повърхността на капака от термоглавата. Често пъти се получава прекалено здраво залепване на капака към опаковката, което затруднява потребителите при нейното отваряне. От некачествения шев капакът се къса в зоната на незалепената част, а от залепената остава по кофичката, невъзможно е нейното отстраняване, което нарушава някои от функциите на опаковката.

Времето на термолепенето също е важен фактор. В едно серийно производство времето за залепване на капака не може да е прекалено дълго, защото от него се определя производителността. Но пък ако е прекалено бързо се рискува да се получи некачествен шев и от там до бракувана продукция.

Целта на настоящата експериментална работа е изследване процеса на термично залепване на опаковки от полистирол (PS) - кофички за кисело мляко, с различни видове капаци, и определяне оптималните параметри, оказващи влияние на качеството и здравината на затварянето.

За качеството на слепване се съди от вътрешното налягане при което се получават различни деформации по капациите или кофичките и последвано разрушаване при подаване на въздух с различно налягане.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

За целите на настоящето изследване са използвани опаковки от полистирол - кофички за кисело мляко с размер на зоната за термозаваряване $\varnothing 95 \text{ mm}$ и вместимост 400 ml.

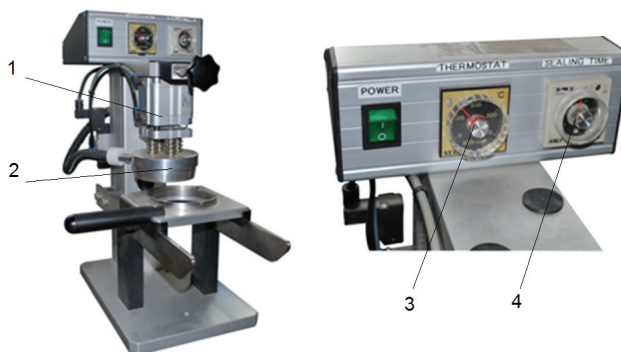
За затваряне на опаковките е са използвани капаци, произведени от 3 вида гъвкави материали - на различни фирми производители:

- **Oké** (Фиг. 2 а). Произведени изцяло от алуминиево фолио с покритие за осигуряване на термозалепването;
- **Perfecto** (Фиг. 2 б). Произведени от алуминиево фолио с минимална дебелина и слой полимер, осигуряващ съвместимост и лесно термозалепване;
- **OSM** (Фиг. 2 в). Произведени изцяло от полимери.



Фиг.2. Капаци от гъвкави материали за затваряне на опаковки от полистирол

За провеждане на отделните опити е използван стенд за термично залепване на капаци към кофички за кисело мляко, произведени от полистирол. Стендът е представен на фиг. 2 и се състои от пневматичен цилиндър 1, към който е закрепена цилиндрична термозаваряваща глава 2 с вградени в нея нагреватели, чиято температура се регулира с помощта на терморегулатор. Налягането към цилиндъра се подава през пневмоподготвяща група от външен въздушен компресор и се регулира посредством вграден в стенда регулатор на налягане.



Фиг. 3. Стенд за горещо запечатване

На стенда са монтирани терморегулатор 3 за регулиране на работната температура и реле за време 4 за регулиране на продължителността на въздействие на цилиндъра и нагрятата глава върху капачката с кофичката.

ПРОВЕЖДАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТА

Преди провеждането на експеримента е необходима подготовка на пробите. За целта в дъното на всяка кофичка се пробива отвор с определен диаметър, в който се монтира щуцер. През него с „бърза връзка“ се свързва шлаух за подаване на въздух под налягане.

Така подготвените проби - кофички се поставят в приспособлението за закрепване на опаковката. Последното представлява гнездо с формата и размерите на гърлото на кофичката. Настройва се желаната температура, време на задържане при контакта на залепващите се повърхнини и налягането на пневматичния цилиндър, осигуряващ разпределен товар в зоната на контакт с определена големина с помощта съответно на терморегулатора, релето за време и редуцир-вентил (фиг. 3 поз. 3 и 4).

След настройване на режима на протичане на термозаваряването се поставя един от трите вида капаци (фиг.3), и приспособлението за закрепване на опаковката с кофичката и капака върху нея се плъзгат по направляващите шини до позициониране под термозаваряващата глава. Достигайки до позицията на залепяне, приспособлението за закрепване на кофичката задейства превключвател, който подава сигнал за движение на цилиндъра „надолу“. Цилиндърът слиза надолу и термозаваряващата глава притиска капака към кофичката за време, предварително установено от органите за управление на стенда. След изтичане на това време цилиндърът се задейства в обратна посока и отделя термозаваряващата глава от опаковката. Температурата на термозаваряващата глава се следи допълнително с външен дигитален термометър AOIP PN5203K с точност 0,1°C. След запечатване се прави визуална оценка на получения шев и кофичката се оставя да изстине. Бързата връзка, монтирана предварително на дъното и се свързва с шлаух, чрез който се подава съгъстен въздух, като повишаването на налягането става постепенно до настъпване на отделяне или скъсване на капака.(фиг.4а,б,в). Налягането на подавания въздух се отчита с помощта на дигитален манометър с точност 0,01 bar.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

При провеждане на отделните опити с подаване на въздух с различно налягане се наблюдават следните основни групи резултати:

- Кофичката се деформира и издържа на налягането (фиг. 4 а). Когато шевът не е достатъчно качествен, той се отлепя в определен участък - получава се процеп, през който въздухът излиза. Дължи се на недостатъчно висока температура за зададеното време за да се получи качествено залепяне;
- Шевът визуално е добър и капакът се издува. При достигне до определено налягане възниква разрушаване на шева-той се разлепя (фиг.4 б);
- Шевът видимо е некачествен. Температурата на термозаваряване е прекалено висока (фиг.4 в);



Фиг.4. Изпитани образци

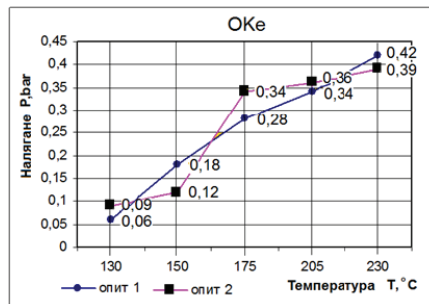
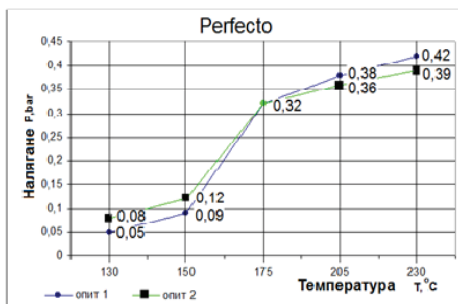
В таблица 1 са представени резултатите от наляганията на разрушаване на шева за трите вида капаци при различни температури и време на задържане.

При първите два вида- Оке и Perfecto времето за залепяне е 0,5 секунди, а при третия вид- OSM, опитите са при 0,5 и при 1 секунди.

Таблица 1. Налягане на разрушаване на шева

T, °C	Perfecto (0,5s)				Оке (0,5s)				
	опит 1, P bar	резултат	опит 2, P bar	резултат	опит 1, P bar	резултат	опит 2, P bar	резултат	
130	0,05	отлепен шев	0,08	отлепен шев	0,06	отлепен шев	0,09	отлепен шев	
150	0,09	отлепен шев	0,12	отлепен шев	0,18	отлепен шев	0,12	отлепен шев	
175	0,32	*	0,32	*	0,28	*	0,34	*	
205	0,38	*	0,36	*	0,34	скъсан горен слой/здрав шев	0,36	скъсан горен слой/здрав шев	
230	0,42	*	0,39	*	0,42	*	0,39	*	
OSM									
		време 0,5s				време 1s			
	опит 1, P bar	резултат	опит 2, P bar	резултат	опит 1, P bar	резултат	опит 2, P bar	резултат	
100	0,14	отлепен шев	0,16	отлепен шев	0,15	*	0,19	*	
130	0,28	отлепен шев	0,26	отлепен шев	0,34	*	0,38	*	
135	0,33	*	0,36	*	0,35	*	0,33	*	
160	0	развален шев	0	развален шев	0	развален шев	0	развален шев	

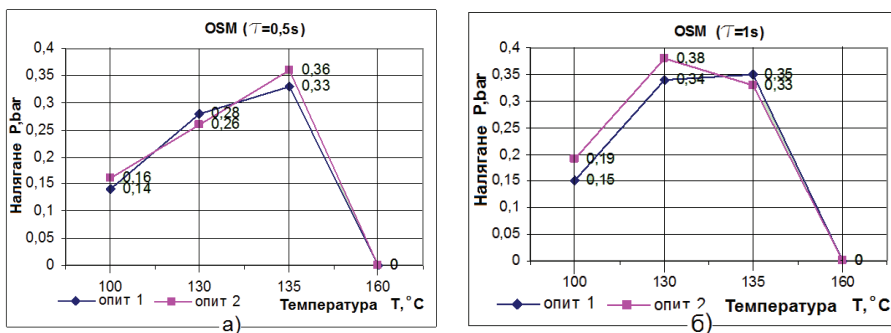
* разрушаване на шева- разлепя се по цялата повърхност едновременно
 На фиг. 5 и 6 са представени в графичен вид получените резултати от таблица 1.



Фиг.5. Налягане на разрушаване на шева в зависимост от температурата

При първия вид капак *Perfecto*, при температури 150°-160° C за време 0,5 s не се получава достатъчно добро залепяне на капака и шевът изпуска нагнетения въздух. От температура 175° C и нагоре шевът става здрав и се получава разрушаване на кофичката. Температурата не трябва да е по висока от 200° C защото става трудно отлепянето на капака без той да се скъса. Този капак най-добре се държи при температура 175 ° C за време 0,5 s.

При вторият вид капак - *Оке*, отново се наблюдава не достатъчно добро залепяне на капака при температури до 150 °C. Тук обаче границата за качественото залепяне на капациите е доста тясна. Най-доброто залепяне се получава между 175°C и 190°C при време 0,5 s. При по-високи температури се разваля шева и капака се къса.



Фиг.6. Налягане на разрушаване на шева капак OSM а) $t=0,5s$; б) $t=1s$;

При третия вид капаци OSM лепенето с температури до 130 °C е некачествено. Шевът е прекалено слаб, при повишаванета на налягането в опаковката бързо се отлепя и изпуска. Добри резултати се получават при температури 135 °C и 145 °C. Шевът става изключително качествен, капака е еластичен и поема високи налягания преди да се разруши. При температура по-висока от 150 °C се наблюдава рязко влошаване на качеството на шева, което се изразява в невъзможност да се отвори опаковката. При лепене за време 1 s още при 100 °C се наблюдава качествено залепяне на шева, но при температура 135 °C рязко се нарушава структурата на капака. При този опит времето е два пъти по-дълго, а разликата в температурата не е особено голяма за получаването на качествен шев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена е експериментална работа за определяне режимите на термично лепене на твърди опаковки с гъвкави фолия, произведени от различни материали.

Експериментално е установено високото качество на лепене на нови материали за производство на затварящо горно фолио на основата на полимер. При тях температурата на термозаваряване е сравнително ниска, времето за контакт малко, което дава възможност да се предполага високата икономическа ефективност при използването им.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Dodrill, Dhuanne. „Advances In Peelable Sealant Technology”. Tech. Rollprint Packaging Products, Inc. 10 Dec. 2008

[2] Guy Boiron, Guenter Schubert, ” Sealing Performance with Aluminium Foil – Heat Seal Lacquer in Contrast to Extrusion Coating”, TAPPI European PLACE 2001 Barcelona, Spain:

[3] Salamat-Zadeh F., K.W. Allen , P.H. Winfield, A.R. Hutchinson. Self-hot-melt joining of polymers to lacquered metal surfaces. International Journal of Adhesion and Adhesives

Volume 20, Issue 2, 1 April 2000, Pages 123-134.

[4] Ефремов Н. Ф., Тара и ее производство. Москва, 2011.

За контакти:

Доц. д-р инж. Стефан Стефанов,

Катедра “МАХВП”, УХТ-Пловдив

тел.: 359 32 603 814, E-mail: stvstefanov@yahoo.com

Докладът е рецензиран