

А. И. Загидуллин, Р. М. Гарипов, А. И. Хасанов,
А. А. Ефремова, А. А. Козлов

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ НА БАРЬЕРНЫЕ СВОЙСТВА ТЕРМОУСАДОЧНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАКЕТОВ

Ключевые слова: термоусадочные многослойные барьерные пленки, сварка полимерных пленочных материалов, газопроницаемость многослойных барьерных полимерных пленочных материалов.

Изучено влияние усилия прижима сварных пленок, времени и температуры сваривания на барьерные свойства пакетов из термоусадочных многослойных полимерных пленочных материалов. Определены оптимальные технологические параметры для полимерных пленок марок Barrier shrink tube LT50 и Barrier shrink tube LT9.

Keywords: shrinkable multilayer barrier film welding polymeric film material permeability barrier multilayer polymeric film materials.

The effect of the clamping force of welded films, time and temperature welding on the barrier properties of the heat-shrinkable multi-layer packets of polymer film materials. Opt-thinned optimal process parameters for polymer films brands Barrier shrink tube LT50 and Barrier shrink tube LT9.

Введение

В настоящее время существует несколько путей увеличения срока годности изделий из мяса – термическая обработка, использование консервантов и вакуумной упаковки из многослойных барьерных полимерных пленочных материалов [1]. В процессах биохимической и микробиологической порчи мясных продуктов самое активное участие принимает кислород. Условия вакуума препятствуют активному размножению аэробных термофильных и споровых микроорганизмов и тем самым способствуют увеличению сроков годности мясных изделий. Поэтому вакуумная упаковка оказывается наиболее действенным и безопасным для здоровья потребителей способом сохранности продукта [2]. Для изготовления вакуумной упаковки используются многослойные барьерные термоусадочные пленки, барьерные свойства которых регулируются изменением толщины и количества барьерных слоев на основе таких полимеров как сополимер этилена и винилового спирта (EVOH), полиамид, поливинилиденхлорид [1, 3], в том числе и с содержанием наночастиц [4]. Однако высокие барьерные свойства многослойных полимерных пленок могут оказаться бесполезными, если в процессе изготовления пакетов и упаковывания в них мясной продукции будет нарушена сплошность барьерных слоев пленочного материала.

В настоящее время для соединения полимерных пленочных материалов наибольшее распространение получила сварка с использованием тепловой энергии и давления [5-8]. При прямом нагреве соединяемые пленки непосредственно контактируют с нагревателем. Также следует отметить, что изменение параметров сварки существенно влияет на прочность сварного шва изделий. При испытании сварных изделий установлено [6], что даже идеально сваренный шов не обладает той же прочностью, что и свариваемая деталь. С учетом остаточных напряжений в большинстве случаев разрушается материал в околосшовном пространстве. При тепловой сварке

эти напряжения являются следствием локального нагрева пластмассы и термической усадки. Обычно прочность сварных изделий составляет 30—60 % от прочности соединяемых деталей. Если же параметры сварки выбраны неправильно, то потери прочности еще больше. А выбор технологических параметров сварки зависит в первую очередь от типа свариваемого материала и его толщины, а также от типа применяемого инструмента.

В связи с этим становится актуальным исследование зависимости барьерных свойств термоусадочных многослойных пакетов от параметров сварки.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования нами были выбраны многослойные барьерные полимерные пленочные материалы производства фирмы PACKNOVA (Польша) марок Barrier shrink tube LT50, Barrier shrink tube LT9 (45 мкм) и Barrier shrink tube LT9 (75 мкм), характеристики которых приведены в таблице 1.

Объекты исследования были использованы для изготовления различных партий термоусадочной барьерной упаковки на пакетодельной машине PACKNOVA EXTRA 700/108 (Польша). Свойства сварного шва в продольном направлении изучали на пакетах с донным прямым швом, в поперечном направлении – на пакетах с боковым швом. Геометрические размеры и внешний вид произведенных пакетов приведены в таблице 2. В процессе изготовления пакетов меняли технологические параметры производства: давление прижима сварных губок – от 2 до 6 атм. с шагом 1 атм.; температуру сварки – от 230 до 270 °С с шагом 10 °С; время сварки – от 0,1 до 0,5 с, шаг изменения 0,1 с.

Произведенные пакеты были оценены нами по прочности сварного шва, газо-проницаемости сварного шва.

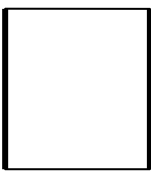
Прочность сварного шва определяли по ГОСТ 14236 на разрывной машине марки XLW фирмы Labthink (Китай).

Таблица 1 – Характеристики пленок производства PACKNOVA

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя		
		LT50	LT9 (45 мкм)	LT9 (75 мкм)
Толщина пленки	мкм	50±5	45±5	75±3
Коэффициент термической усадки (после выдержки в воде при 90 °С в течении 1 с), не менее: в продольном направлении в поперечном направлении	%	>30 >30	>30 >30	>30 >30
Газопроницаемость по кислороду (при 23 °С и влажности 75 %)	см ³ /(м ² ·24 ч·са·атм)	30	5	4
Газопроницаемость по углекислому газу (при 23 °С и влажности 0 %)	см ³ /(м ² ·24 ч·са·атм)	90	40	38
Паропроницаемость (при 38 °С и влажности 90 %)	г/(м ² ·24 часа)	2	2	2
Прочность при разрыве, не менее: в продольном направлении в поперечном направлении	МПа	75 108	75 108	82 122
Относительное удлинение при разрыве, не менее: в продольном направлении в поперечном направлении	%	85 48	85 48	93 59

Газопроницаемость в месте сварного шва по кислороду определяли по ASTM F 2476 на приборе для определения скорости проникновения газа PERME VAC-V1 производства фирмы Labthink (Китай).

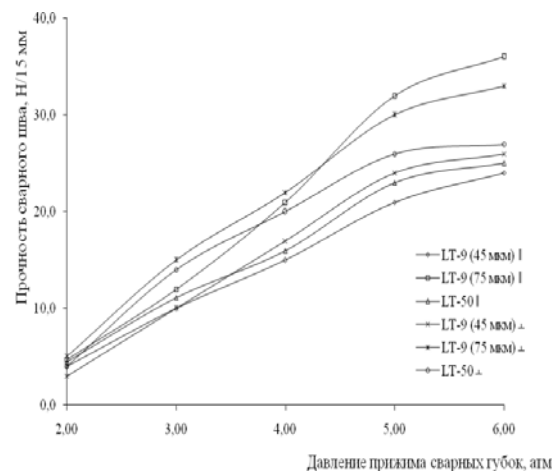
Таблица 2 – Характеристики пакетов

Показатель	Шов	
	Донный прямой	Боковой
Ширина пакета, мм	200	200
Длина пакета, мм, не более	200	200
Вид пакета		

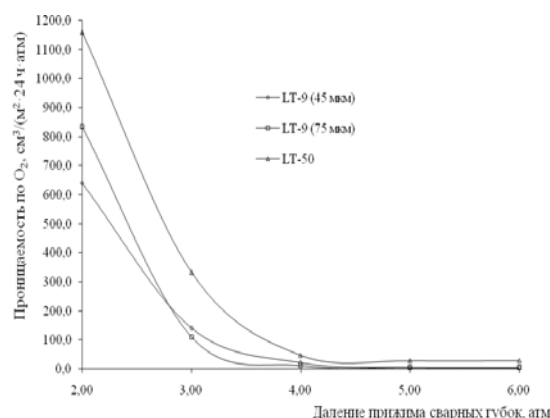
На рисунках 1-3 приведены зависимости прочности сварного шва и газопроницаемости по кислороду произведенных пакетов в зависимости от технологических параметров сварки.

Анализ рисунков показал, что увеличение давления прижима сварных губок (рис. 1а) ведет к увеличению прочности сварного шва и при достижении давления в 5 атм. переходит на постоянную величину. Газопроницаемость по кислороду (рисун-

нок 1б) пакета в месте сварного шва также зависит от давления в процессе формирования пакетов, поскольку при низких давлениях должным образом не формируется качественный сварной шов. Начиная с давления в 5 атм. и выше (при наличии качественного сварного шва) газопроницаемость в месте сварного шва начинает определяться газопроницаемостью пленки, из которой пакет изготавливается.



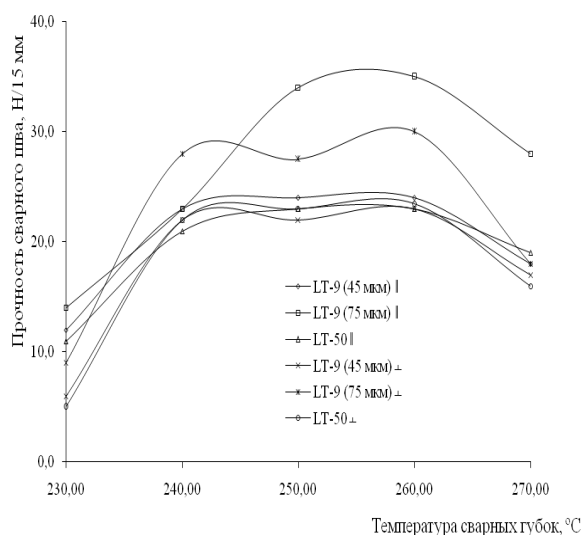
а



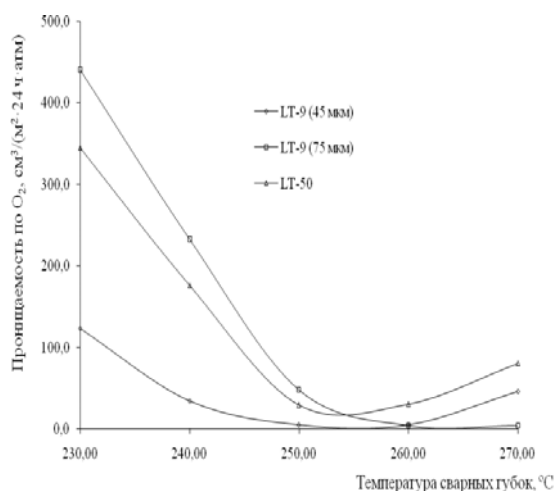
б

Рис. 1 – Зависимость прочности сварного шва (а) и газопроницаемости по кислороду (б) от давления прижима сварных губок

Зависимости прочности сварного шва и газопроницаемости от температуры сварных губок (рис. 2) имеют экстремальный характер. Кроме того прочность сварного шва зависит и от толщины пленки. Согласно данным рисунка 2, при сварке пакетов толщиной 45 и 50 мкм оптимальным является диапазон температур 240-260°С, а для пленки толщиной 75 мкм - 250-270°С. Ниже данных диапазонов не обеспечивается высокая прочность сварного шва. При превышении данного диапазона высокая температура сварки совместно с высоким давлением приводит к нарушению сплошности барьерного слоя пленочного материала вблизи места сварного шва, о чем свидетельствует повышение величины газопроницаемости (рис. 2б).



а



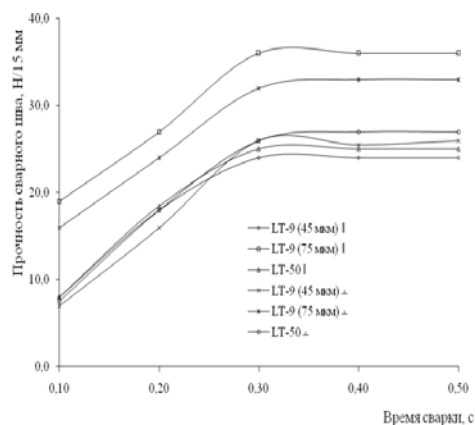
б

Рис. 2 – Зависимость прочности сварного шва (а) и газопроницаемости по кислороду (б) от температуры сварных губок

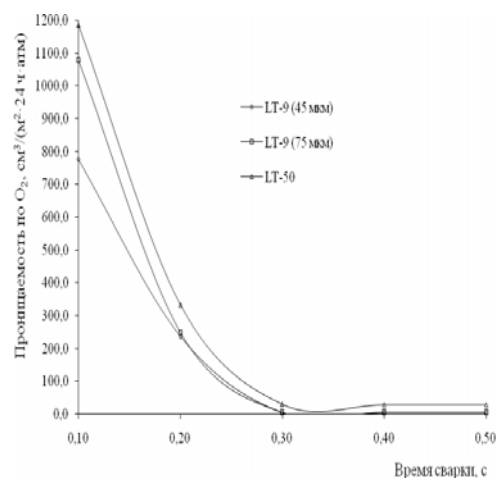
Недостаточное время сварки приводит к снижению прочности сварного шва и росту величины газопроницаемости пакета (рис. 3). При времени сварки равном 0,3 с и выше обе величины выходят на постоянное значение.

Таким образом, оценка влияния давления прижима сварочных губок на свойства термоусадочных пакетов на основе рукавной барьерной пленки марок Barrier shrink tube LT50 и Barrier shrink tube LT9 позволяет сделать вывод, что оптимальным является давление прижима 6 атм.

Оценка влияния температуры сварочных губок на свойства термоусадочных пакетов на основе рукавной барьерной пленки марок Barrier shrink tube LT50 (50 мкм) и Barrier shrink tube LT9 (45 мкм) позволяет сделать вывод, что оптимальным является температура сварки 240-260°C, а для Barrier shrink tube LT9 (75 мкм) оптимальной является температура 250-270 °C.



а



б

Рис. 3 – Зависимость прочности сварного шва (а) и газопроницаемости по кислороду (б) от времени сварки

Оценка влияния времени сварки на свойства термоусадочных пакетов на основе рукавной барьерной пленки марок Barrier shrink tube LT50 и Barrier shrink tube LT9 позволяет сделать вывод, что оптимальным является время 0,3 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России), в рамках выполнения комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства по договору № 02.G25.31.0037, согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Литература

1. Пат. 20060159941A1, США, МКИ В32В27/08. Multilayer shrink film / Claudio Gini. Оpubл. 20.07.2006.
2. Пат. 4755419, США, МКИ В32В27/08. Oxygen barrier oriented shrink film / Guatam P. Shah, Simponville S.C.. Оpubл. 5.06.1988.
3. Пат. 6110570, США, МКИ В32В27/30, В23В27/32. Multilayer heat-shrinkable films with improved mechanical properties / Mario Paleari, Pogliano Milanese; Tito Fornasiero. Оpubл. 29.08.2000.

4. Вольфсон, С.И. Барьерные свойства пленок на основе нанокompозитов / С.И. Вольфсон, Р.М. Гарипов, Н.А. Охотина, Л.Ю. Закирова // Вестник Казанского технологического университета.- 2013.- т.15, №15.- с. 128-132.
5. Крыжановский, В.К. Производство изделий из полимерных материала / В.К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко – СПб.: Профессия, 2008. – 464 с.
6. Власов, С.В. Основы технологии переработки пластмасс: Учебник для ВУЗов / С.В. Власов, Л.Б. Кандырин, В.Н. Кулезнев, А.В. Марков, И.Д. Симонов-Емельянов, П.В. Суриков, О.Б. Ушакова – М: Химия, 2004. – 600 с.
7. Ревяко, М.М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс: Учебное пособие / М.М. Ревяко, О.М. Касперович – Минск: БГТУ, 2005. – 344 с.
8. Шварц, О. Переработка пластмасс / О. Шварц, Ф.В. Эбелинг, Б. Бурт - СПб.: Профессия, 2005. – 320 с.

© **А. И. Загидуллин** – к.т.н., технолог ООО «НПП «Тасма», zoobr13@rambler.ru; **Р. М. Гарипов** – д.х.н., проф., зав. каф. ТППК КНИТУ, rugaripov@mail.ru; **А. И. Хасанов** – к.т.н., доц. той же кафедры, b-100lab@mail.ru; **А. А. Ефремова** – к.т.н., доц. той же кафедры, annet_e@mail.ru; **А. А. Козлов** – к.т.н., с.н.с. ООО «НПФ «ПолимерТех», an8127@mail.ru.