

- 8.8. Adzitey, F. Mini Review Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality [Text]/ Adzitey, F International Food Research Journal, 18, 2011 – p. 485-491.
9. Ć. Radović, M. Petrović, O. Kosovac, N. Stanišić, D. Radojković, M. Mijatović The effect of different fixed factors on pig carcass quality and meat traits. Biotechnology in Animal Husbandry 25 (3-4), p 189-196(2009).
10. Харламов А. Влияние породы на рост и мясную продуктивность бычков и кастратов [Текст] / А. Харламов, А. Провоторов // Молочное и мясное скотоводство. 2007. - №6. - С. 13-14.
11. Баранов Г. Резервы повышения экономической эффективности производства свинины [Текст] / Г. Баранов // Свиноводство. 2004 - №3. - С. 28-29.

Отримано редакцією .05.2013 р.

УДК 621.793.1

Prof. SERGEEVA A.E., D.Sc. and Prof. FEDOSOV S.N., D.Sc.  
Odessa National Academy of Food Technologies

## DESIGN OF A MASK FOR IMPROVING THICKNESS UNIFORMITY OF VACUUM COATINGS ON LARGE MOVING SUBSTRATES

A new method has been developed to improve thickness uniformity of thin films and coatings deposited on plane moving substrates of large area such as polymer films, paper or steel strips. The technique is applicable not only for physical vapor deposition processes but also for sputtering, ion plating, etc. The principle of the method is in a controllable partial screening of the vapor stream by a specially designed mask. A precise procedure is proposed to optimize a profile of the mask so as to obtain the best thickness uniformity of the coating at any evaporator - substrate geometry. Experimental results confirm the high efficiency of the technique which can be used not only at newly designed plants but also at already working ones.

**Keywords:** evaporation, vacuum coatings, thickness uniformity.

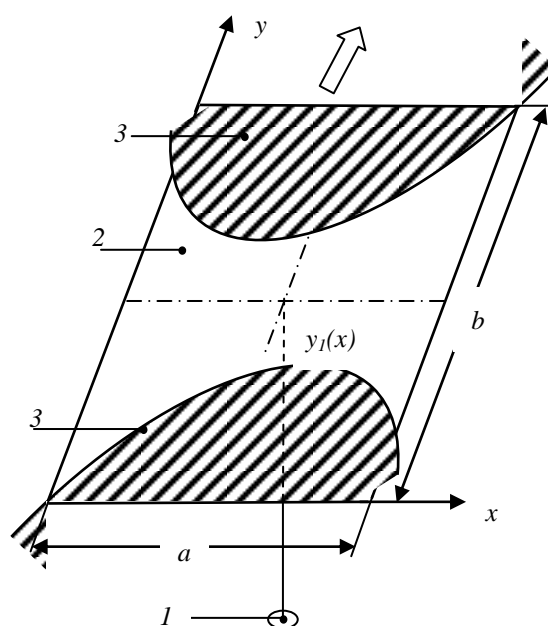
Разработан новый метод для улучшения равномерности толщины тонких пленок и покрытий, нанесенных на плоские движущиеся подложки большой площади, такие как полимерные пленки, бумага или стальные полосы. Этот метод можно использовать не только для испарения в вакууме, но и для распыления, ионного осаждения и т.п. Принцип метода состоит в контролируемом частичном экранировании потока пара специально разработанной маской. Предложена процедура оптимизации профиля маски так, чтобы получить наилучшую равномерность толщины покрытий при любой геометрии испаритель - подложка. Экспериментальные результаты подтверждают высокую эффективность метода, который может быть использован не только в новых установках, но и на уже работающих.

**Ключевые слова:** испарение, вакуумные покрытия, равномерность толщины

### INTRODUCTION

Electrical, optical, anti-corrosion and other properties of thin films and coatings deposited by thermal evaporation in vacuum are sensitive to their thickness. At the same time, the thickness is in principle non-uniform, since the coating is always thicker in the middle of the substrate than at its edges, as it follows from Knudsen's law of evaporation. Thickness non-uniformity is particularly noticeable in the case of vacuum metallization of moving roll substrates such as steel, paper, polymer films in semi-continuous processes where substrates even of 2 m width are often used.

Several methods were described on how to improve thickness uniformity on moving substrates [1-7], but the problem still remains of present interest. In the method presented in this paper, a specially designed mask placed near the substrate is used to modify the original distribution of vapors emitted by the evaporator. High efficiency of the method is proved experimentally.



1 – evaporator; 2 – moving substrate; 3 – mask.

Fig. 1. Schematic diagram showing a continuous coating system

### PRINCIPLE OF THE METHOD

Geometrical arrangements are shown in Fig. 1. A horizontal mask consisting of two symmetrical parts is placed very close under the substrate so that evaporated atoms arrive at the substrate only in the area not shaded by the mask and called the area or zone of condensation. The zone is narrow in the middle of the substrate, but remains as wide as possible at the edges. Deposition time proportional to the length of the condensation zone decreases gradually in the direction from the edge of the substrate to its central axis. Since the deposition rate increases in the same direction, their product proportional to the thickness of the coating can be made constant throughout the surface of the substrate. Therefore, a properly designed mask reduces the vapor stream going to the central part of the moving substrate, but does not hinder deposition of the coating at its edges.

PROFILE OF THE MASK

A profile of the mask is formed by two curves marked as  $y_1(x)$  and  $y_2(x)$ . It is obvious that the desired profile is a function of the substrate width and emission characteristics of the evaporator. Thickness of the coating at a point with coordinate  $x$  after passing this point over the evaporator can be described by the following expression

$$\delta(x) = \frac{t(x)}{y_2(x) - y_1(x)} \int_{y_1(x)}^{y_2(x)} W(x, y) dy, \quad (1)$$

where  $t(x)$  is the deposition time,  $W(x,y)$  is the distribution function of the deposition rate. Thickness of the coating at the edges ( $x = 0$  and  $x = a$ ) is

$$\begin{aligned} \delta(0) = \delta(a) = \\ = \frac{t(0)}{b} \int_0^b W(0, y) dy = \frac{t(a)}{b} \int_0^b W(a, y) dy, \end{aligned} \quad (2)$$

on zone at the edges of the substrate. The deposition time is a function of the coordinate  $x$  and the velocity of the substrate  $v$

$$t(x) = \frac{y_2(x) - y_1(x)}{v}. \quad (3)$$

Constancy of the evaporation rate and the velocity of the substrate are essential. It is convenient to introduce a new function  $F(x,y)$  instead of the unknown function  $W(x,y)$  in expressions (1) and (2).  $F(x,y)$  is actually the thickness distribution of a coating deposited on the fixed plane substrate. Correlation between functions  $W(x,y)$  and  $F(x,y)$  is as follows

$$W(x, y) = \frac{F(x, y)}{t_o}, \quad (4)$$

where  $t_o$  is the time of deposition of a coating on the fixed substrate. Combining Eqs.(1) - (4) we obtain the following theoretical condition for the absolute thickness uniformity of the coating deposited on the moving substrate

$$\int_{y_1(x)}^{y_2(x)} F(x, y) dy = \int_0^b F(a, y) dy = \int_0^b F(0, y) dy. \quad (5)$$

If Knudsen's law of evaporation is valid and the area of evaporation is much smaller than that of condensation, the evaporator can be considered as a small-area surface source [3,4]. Then, the function  $F(x,y)$  is as follows

$$F(x, y) = \frac{N \cdot h^2}{\pi \cdot \rho \cdot \left[ h^2 + \left( x - \frac{a}{2} \right)^2 + \left( y - \frac{b}{2} \right)^2 \right]^2}, \quad (6)$$

where  $h$  is the shortest distance between the evaporator and the substrate,  $\rho$  is the density of the coating,  $N$  is the rate of evaporation.

The unknown functions  $y_1(x)$  and  $y_2(x)$  satisfying condition (5) can be easily found mathematically after substitution Eq. (6) to Eq. (5). If emission characteristics of the evaporator differ from that of the small-area source, as for instance in the case of rectangular boats and bars, the function  $F(x,y)$  must be found experimentally. The simplest way to do this is to deposit a coating on the fixed substrate without a mask using the same evaporator, as in the case of the moving substrate. Then, thickness of the coating must be measured at as many points as possible and thus the function  $F(x,y)$  will be reconstructed.

It is clear from Eq. (5) that the problem of obtaining the functions  $y_1(x)$  and  $y_2(x)$  has many solutions. Therefore, additional conditions should be fixed to obtain a unique profile of the mask. The most practical is the symmetrical positioning of the mask in relation to the evaporator corresponding to the following condition

$$y_2(x) = b - y_1(x) \quad \text{and} \quad y_1(x) = y_1(a - x). \quad (7)$$

EXPERIMENTAL

The method was tested experimentally. The electrically heated evaporator in the form of the rectangular Ta boat was used to deposit Cu coating on the moving steel strip of 0.14 mm thickness and 180 mm width. The substrate velocity and the evaporator-to-substrate distance were 0.02 m/s and 175 mm accordingly. The function  $F(x,y)$  was found experimentally by measuring the thickness distribution of the coating deposited on nine fixed substrates (20x260 mm) simultaneously placed in the condensation zone. Thus, the nine parallel cross-sections of the distribution function  $F(x,y)$  were obtained. The profile of the mask satisfying condition (5) was found graphically. The mask was cut from the Al sheet and placed under the moving substrate during the next series of experiments. Thickness of the Cu coating was practically identical ( $4.5 \pm 0.25 \mu\text{m}$ ) at any point of the substrate.

CONCLUSION

A novel technique is described to improve thickness uniformity of thin films and coatings deposited on wide moving substrates. The principle of the method is in a partial screening of a vapor stream emitted from the evaporator by a specially designed mask. The method is applicable not only for physical vapor deposition processes but also for sputtering, ion plating and other processes with a transport of particles from the source to the substrate. The technique can be easily implemented at newly designed equipment, as well as at already working stations.

References

1. Beregovaya O. M., Kostrzhitskiy A. I., Fedosov S. N. Physical and chemical foundations of multi-component condensated coatings technology, Odessa: TES, 2009. – 320 p.
2. Du X.S., Jang Y. D., Yu J. S. et al Quantitative evaluation of film thickness uniformity // J. Vac. Sci. Technol. A. – 2007. – Vol. 25, No. 2. – P. 215-220.
3. Ohring M., Gall D., Baker S. P. The materials science of thin films, Third Edition: Deposition and structure, Academic Press, 2013 – 704 p.
4. Mattox D. M. The foundations of vacuum coating technology, Noyes Publications, William Andrew Publishing, 2003. – 150 p.
5. Amorosi S., Benvenuti G., Halary-Wagner E., Hoffmann P. Large area deposition in high vacuum with high thickness uniformity // Patent US20050166846, C30B23/06, 2003.

6. Tao B. W., Deng X. W., Zhang Y., and Li Y. R. Thickness uniformity of large-area double-sided thin films simultaneously deposited with biaxial substrate rotation // J. Vac. Sci. Technol. A. – 2004, Vol. 22. – P. 1134-1138.  
 7. Roikh I. L., Koltunova L. N., and Fedosov S. N., Vacuum Deposition of Protective Coatings on Steel. – М.: Mashinostroenie, 1976. – 368 p.  
 Отримано редакцією .06.2013 р.

УДК [637.524 – 021.4 : 66.046] : 579.67 – 047.64

**БОНДАРЕНКО Н.В. канд. техн. наук**  
 Одеська національна академія харчових технологій  
**ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ВАРЕНИХ**  
**КОВБАС У СУЧАСНИХ ТЕРМОКАМЕРАХ**

The purpose of given article to prove efficiency of use of the newest technology of thermal processing of sausages. To compare influence on functional-technological and microbiological indicators of use of traditional and newest technology.

**Ключові слова:** термічна обробка, мікробіологічні показники, втрати маси.

Доведено ефективність використання новітньої технології термічної обробки ковбас. Порівняно вплив на функціонально-технологічні та мікробіологічні показники використання традиційної та новітньої технології.

**Keywords:** heat treatment, microbiological parameters, weight loss.

Швидкий розвиток та вдосконалення обладнання м'ясної промисловості потребує наукового обґрунтування та розробки нових режимів обробки м'ясної сировини. В першу чергу, це стосується термічної обробки ковбасних виробів у сучасних універсальних термокамерах, які дають можливість комп'ютерного програмування процесу теплової обробки для кожного виду м'ясних виробів.

Основне завдання полягає в такій оптимізації програм, які забезпечили б мінімальні втрати при досконалій якості ковбас.

Цьому питанню присвячені наші дослідження. Нами проведені дослідження режимів термічної обробки варених ковбас на прикладі ковбаси «Докторська» в/г. Режим обробки варених ковбас складається з двох процесів – обжарювання ( підсихання оболонки, сушіння, копчення) та варіння. Результати вивчення окремих режимів і їх вплив на технологічні показники ковбас представлені раніше [6].

Метою даної роботи було проведення порівняльного аналізу запропонованих нових режимів термічної обробки у сучасних термокамерах з традиційними за класичною технологією відповідно Держстандарту [4]. Ці режими приведені у табл.1.

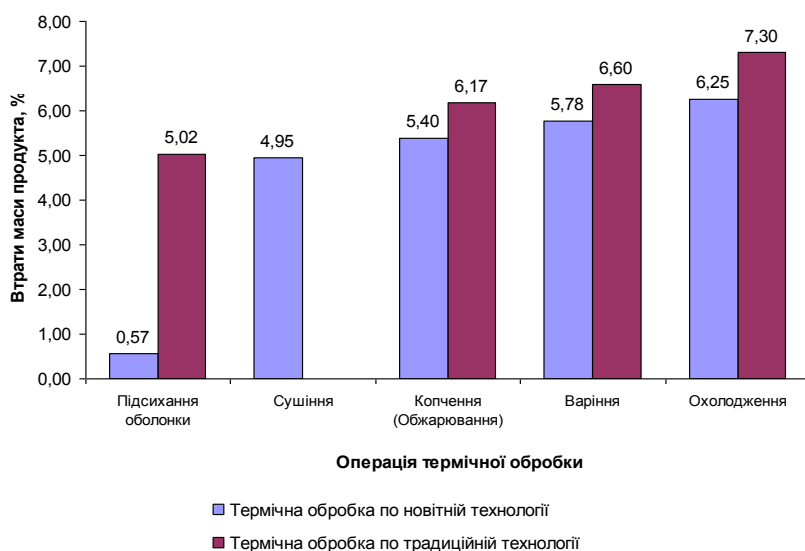
Попередні дослідження проводили на кафедрі технології м'яса, риби та морепродуктів ОНАХТ з послідуною промисловою апробацією безпосередньо на підприємстві ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат».

Досліджували основні функціонально-технологічні показники, які являються показовими для операції термічної обробки: втрати маси (методом зважування), вміст вологи [5], мікробіологічні [7; 8] та органолептичні показники [5]. Досліди проводилися чотирьохкратно.

**Таблиця 1**  
**Режими термічної обробки варених ковбас**

Новітня технологія					Традиційна технологія				
Операція термічної обробки	t <sub>c</sub> , °C	t <sub>б</sub> , °C	φ, %	T, хв	Операція термічної обробки	t <sub>c</sub> , °C	t <sub>б</sub> , °C	φ, %	T, хв
1. Підсихання оболонки	50		50	25	1. Підсихання оболонки	60		25	65
2. Сушіння	55	45	25	65	2. Обжарювання	75	45	25	15
3. Копчення	60			26	3. Варіння	80	71	99	40
4. Варіння	75	71	99	35	4. Охолодження: душ/хол. повітря	15/5	10		40
5. Охолодження: душ/хол. повітря	15/5	10		40					

**Рис. 1. Вплив термічної обробки на втрати маси ковбаси «Докторська» в/г**  
 У результаті проведення термічної обробки



дослідних зразків за новітньою та традиційною технологією були отримані дані втрати маси продукту після кожної операції обробки (див. рис. 1).