

LABORATORYJNE URZĄDZENIE DO OBRÓBK ZIARNISTYCH SUROWCÓW ROŚLINNYCH PROMIENIAMI PODCZERWONYMI

Dariusz Andrejko, Małgorzata Goździewska, Zbigniew Oszczak
Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę techniczną zaprojektowanego oraz wykonanego w Katedrze Inżynierii i Maszyn Spożywczych laboratoryjnego urządzenia do obróbki ziarnistych surowców roślinnych promieniami podczerwonymi. Opisano budowę i zasadę działania urządzenia. Ponadto w pracy zaprezentowano schemat regulacji temperatury procesu oraz uzyskiwanych wartości rozkładu temperatur na taśmie przenośnika.

Słowa kluczowe: obróbka promieniami podczerwonymi, badania laboratoryjne

WSTĘP

Zastosowanie promienników podczerwieni jest bardzo szerokie, począwszy od przemysłu spożywczego (suszenie i obróbka termiczna żywności [Świdorski 1999]), poprzez przemysł papierniczy (dosuszanie papieru), po ogrzewanie.

W grzejnictwie radiacyjnym, ze względu na właściwości promieniowania IR jego widmo dzielimy na trzy zakresy:

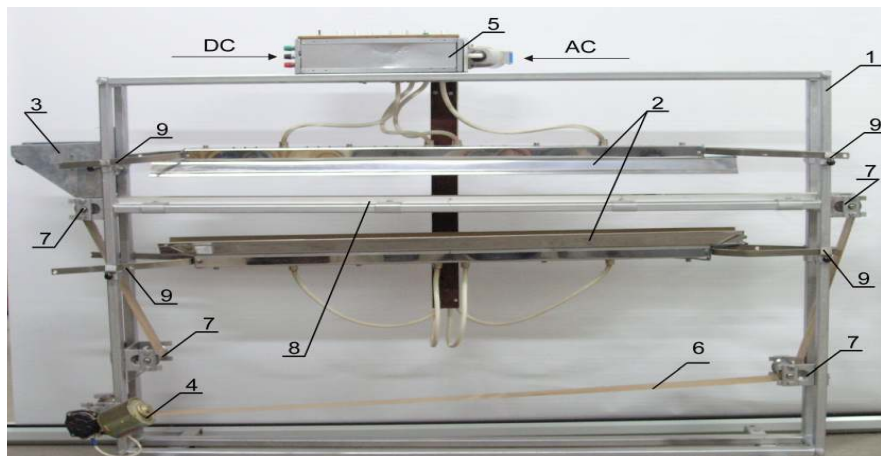
- krótkofalowe – 0,76 μm do 1,5 μm : najbardziej efektywne w grzejnictwie promiennikowym ze względu na duże energie kwantów promieniowania,
- średniofalowe – 1,5 μm do 10 μm : również wykorzystywane w grzejnictwie,
- długofalowe – 10 μm do 1000 μm : wykorzystywane do detekcji oraz sterowania.

Laboratoryjna analiza procesów ciągłej obróbki termicznej promieniami podczerwonymi dla sypkich surowców roślinnych wykonywana z zastosowaniem urządzeń przemysłowych jest nieefektywna [Grochowicz 1996]. Badania prowadzone w urządzeniach o wydajności kilku ton na godzinę są trudne i pracochłonne, a przy konieczności zmian w nastawach regulacyjnych oraz dokonywaniu wielu powtórzeń pomiarów i procesów są także nieekonomiczne i mogą być obciążane dużymi błędami.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Dariusz Andrejko, Akademia Rolnicza w Lublinie, Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: dariusz.andrejko@ar.lublin.pl

Stąd też zaprojektowano i wykonano stanowisko do obróbki termicznej promieniami podczerwonymi sypkich surowców roślinnych, którego schemat przedstawiono na rysunku 1.

Zasada pracy urządzenia



Rys. 1. Laboracyjne urządzenie do obróbki termicznej promieniami podczerwonymi ziarnistych surowców roślinnych: 1 – rama, 2 – promienniki podczerwieni, 3 – kosz zasypowy, 4 – silnik prądu stałego, 5 – moduł sterujący, 6 – taśma przenośnika, 7 – rolki, 8 – strefa ogrzewania, 9 – regulacja ustawienia głowic

Fig. 1. Laboratory device for infrared radiation treatment of grain plant stuffs: 1 – frame, 2 – infrared radiators, 3 – feeding tank, 4 – electric motor, 5 – control unit, 6 – transporter type, 7 – rollers, 8 – heating zone, 9 – adjustment of heads position

Surowiec zasypywany jest do kosza wyposażonego w zasuwę umożliwiającą regulację grubości warstwy surowców podawanych na taśmę przenośnika. Następnie surowiec przesuwany jest do strefy ogrzewania, gdzie poddawany jest działaniu promieniowania podczerwonego. Obrobiony termicznie surowiec może być kierowany do chłodnicy lub dalszej obróbki.

Charakterystyka techniczna

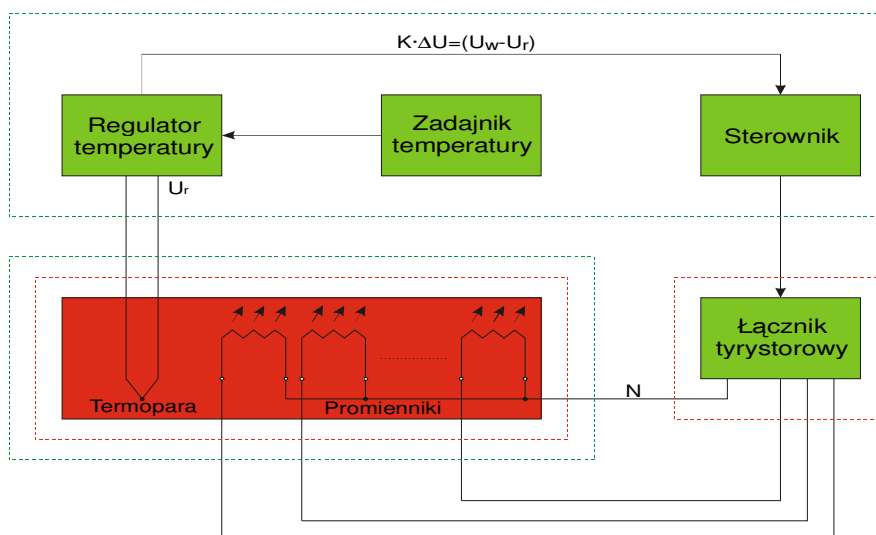
Przenośnik taśmowy zasilany jest przez silnik prądu stałego wyposażony w regulator napięcia umożliwiający płynną regulację prędkości przesuwu taśmy w granicach od $5 \cdot 10^{-3}$ do $7 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (czas przebywania nasion w strefie ogrzewania wynosi odpowiednio od 15 do 200 s). Zastosowana w przenośniku taśma transportowa charakteryzuje się dużą odpornością na działanie wysokich temperatur (do 250°C) i niewielką przepuszczalnością promieni podczerwonych (transmisja promieni podczerwonych przez taśmę wynosi ok. 10%). Urządzenie wyposażono w dwie głowice grzejne (w każdej zainstalowano po 4 promienniki ceramiczne płaszczyznowe o mocy 400 W); górną umieszczoną nad taśmą przenośnika i dolną znajdującą się pod taśmą. Do obróbki

termicznej nasion drobnych wystarczające jest wykorzystanie tylko górnej głowicy grzejnej. W trakcie ogrzewania nasion dużych, np. łubinu białego, wskazane jest włączenie dolnej głowicy grzejnej. W tym przypadku należy zamienić taśmę przenośnika na siatkę wykonaną z drutu miedzianego o średnicy $\varphi = 0,1$ mm, o oczkach kwadratowych o boku $a = 1$ mm. Przez taką siatkę przechodzi ponad 90% promieni podczerwonych.

W zależności od czasu obróbki i rodzaju surowca, wydajność urządzenia można regulować w szerokim zakresie. Dla nasion soi (przyjmując, że masa 1 m^2 pojedynczej warstwy nasion wynosi ok. 4 kg) wydajność ta wynosi od $4,5 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ (czas obróbki 200 s) do $60 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ (czas obróbki 15 s).

Schemat regulacji temperatury procesu

Jednym z najważniejszych parametrów obróbki podczerwienią surowców roślinnych jest temperatura panująca na powierzchni taśmy przenośnika, a co za tym idzie temperatura wewnątrz ogrzewanego materiału [Andrejko 2005, Andrejko i Grochowicz 2001, Andrejko i Rydzak 2000]. Zakres zmienności temperatury (od 80°C do 250°C) musi być odpowiednio dobrany w zależności od odmiany obrobionego surowca, jego właściwości fizycznych i chemicznych. Stąd też, wykonane urządzenie wyposażono w elektroniczny układ sterujący temperaturą na powierzchni taśmy przenośnika (rys. 2). W skład zestawu wchodzi: zadajnik temperatury, regulator temperatury połączony z termoparą, sterownik i łącznik tyrystorowy.



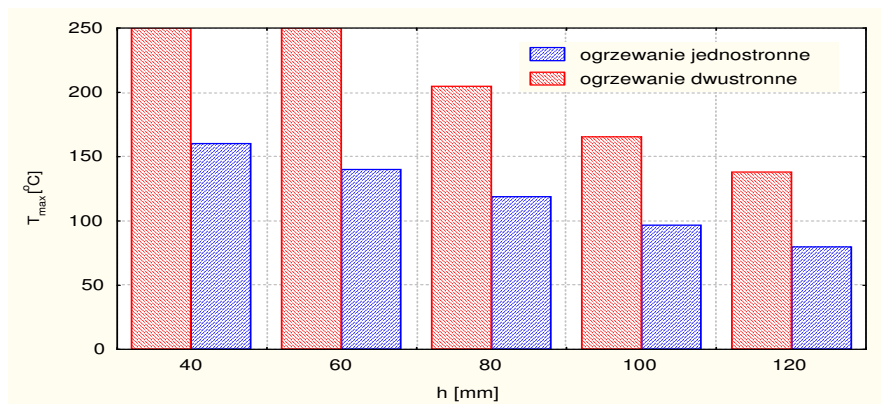
Rys. 2. Schemat układu regulacji temperatury
Fig. 2. Temperature control system scheme

Układ ten działa następująco: siła termoelektryczna termopary umieszczonej na powierzchni taśmy przenośnika jest dostarczana do wejścia regulatora, jednocześnie z zadajnika przekazywana jest informacja o chwilowej wartości programowanego napięcia odniesienia. Różnica obu wyżej wymienionych sygnałów wzmocniona i przetworzona częstotliwościowo przez filtr PID regulatora jest przesyłana do sterownika, który poprzez łącznik tyrystorowy steruje mocą wydzielaną przez zainstalowane promienniki.

Maksymalna temperatura obróbki uzależniona jest od odległości promienników od taśmy przenośnika oraz mocy włączonych grzałek w głowicy grzejnej i mieści się w przedziale od T_{ot} do $T_{max\ 1,2,3,\dots,n}$, gdzie: T_{ot} – temperatura otoczenia, $T_{max\ 1,2,3,\dots,n}$ – maksymalna temperatura panująca na taśmie przenośnika przy położeniu głowicy grzejnej w punktach 1,2,3, ..., n.

Wyznaczenie maksymalnych temperatur panujących na taśmie przenośnika w zależności od odległości głowic grzejnych

Obie głowice grzejne wyposażono w płynną regulację odległości od taśmy w zakresie od 40 do 200 mm (odległość powierzchni promienników od taśmy). Ma to zasadnicze znaczenie przy ustalaniu temperatury obróbki. W zależności od ilości włączonych promienników, jak też ich położenia, temperatury panujące na powierzchni taśmy przenośnika są różne, co przedstawiono na rysunku 3.



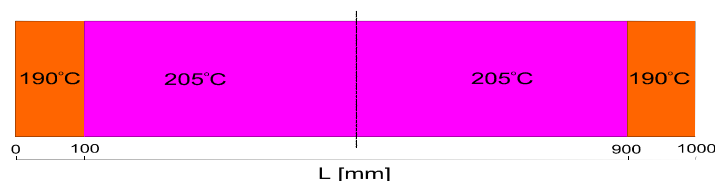
Rys. 3. Wartości maksymalnych temperatur (T) na powierzchni taśmy przenośnika w zależności od odległości ustawienia głowic grzewczych (h)

Fig. 3. Values of maximum temperature (T) on the transporter tape surface depended of heating heads distance arrangement (h)

W trakcie procesu prowadzonego z wykorzystaniem jednej (górnej) głowicy grzejnej temperatury odczytane na powierzchni taśmy, w zależności od wysokości ustawienia głowicy, kształtowały się w granicach od 80°C (odległość od taśmy 120 mm) do 160°C (odległość od taśmy 40 mm). Włączenie drugiej głowicy spowodowało znaczne podniesienie wartości temperatur panujących na taśmie. Przy ustawieniu obu głowic w odległości 120 mm od taśmy temperatura wzrosła do 138°C , dalsze przybliżanie

głowic powodowało wzrost temperatur, aż do 205°C (odległość od taśmy wynosiła 80 mm). Najwyższe temperatury odczytywano przy najmniejszych odległościach głowic od taśmy, tj. 40 i 60 mm – Tmax > 250°C (po osiągnięciu 250°C, z uwagi na podaną przez producenta wytrzymałość termiczną taśmy, proces przerwano).

Istotnym czynnikiem w trakcie obróbki termicznej surowców roślinnych jest równomierność ich wygrzania. Zainstalowane promienniki oraz kształt osłony głowicy grzejnej gwarantują równomierność temperatur na ogrzewanej powierzchni. Przykładowy rozkład temperatur panujących na ogrzewanej powierzchni taśmy przenośnika przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Rozkład temperatur na długości taśmy przenośnika (pomiar prowadzono na długości 1 m – zgodnie z długością głowic grzejnych). Taśmę ogrzewano od góry i od dołu, odległość głowic od taśmy wynosiła 80 mm)

Fig. 4. Temperature distribution on the transporter tape length (measurements are made for 1 m length of tape – according to length of infrared radiators). The tape was heated from both sides – up and down, distance of heating heads was 80 mm far from tape

Niemal w całym obszarze oddziaływania promieni podczerwonych wartości mierzonych temperatur kształtowały się na poziomie ok. 200°C. Tylko na początku i końcu (ok. 100 mm z każdej strony) strefy ogrzewania temperatury były nieco niższe (ok. 190°C).

PODSUMOWANIE

Wykonane urządzenie po pomyślnym przejściu prób eksploatacyjnych zostało wykorzystane do obróbki termicznej ziarnistych surowców roślinnych. Badaniom poddano m.in. nasiona soi, grochu i ziarna zbóż. Uzyskane efekty są bardzo obiecujące i zostaną opublikowane w niedalekiej przyszłości. Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że zaprezentowane w pracy urządzenie może posłużyć jako szybki tester do analizy procesu ogrzewania ziarnistych surowców roślinnych promieniami podczerwonymi. Opisane urządzenia zostało zgłoszone jako wniosek patentowy do Urzędu Patentowego RP.

PIŚMIENNICTWO

Andrejko D., 2005. Zmiany właściwości fizycznych nasion soi pod wpływem promieniowania podczerwonego. Rozpr. Nauk. AR w Lublinie, z. 288.

- Andrejko D., Grochowicz J., 2001. Zmiany wytrzymałości ziaren żyta spowodowane oddziaływaniem promieniowania podczerwonego. *Probl. Inż. Roln.* 2(32), 37–44.
- Andrejko D., Rydzak L., 2000. Wpływ procesu mikronizacji na właściwości fizyczne nasion roślin strączkowych. *Inż. Roln.* 5(16), 9–14.
- Grochowicz J., 1996. *Technologia produkcji mieszanek paszowych*. PWRiL, Warszawa.
- Świdorski F. (red.), 1999. *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*. Praca zb. WNT, Warszawa.

LABORATORY DEVICE FOR INFRARED RADIATION OF GRAIN PLANT STUFFS TREATMENT

Abstract. In this paper was presented the technical analysis of laboratory device for infrared radiation of grain plant stuffs treatment. The device was designed and manufactured in Department of Food Process Engineering and Machines. It was described the device construction and operation principles. Furthermore, in this paper was presented scheme of temperature control and value of available temperature distribution which was obtained on the transporter tape.

Key words: infrared radiation treatment, laboratory tests

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 6.12.2007