

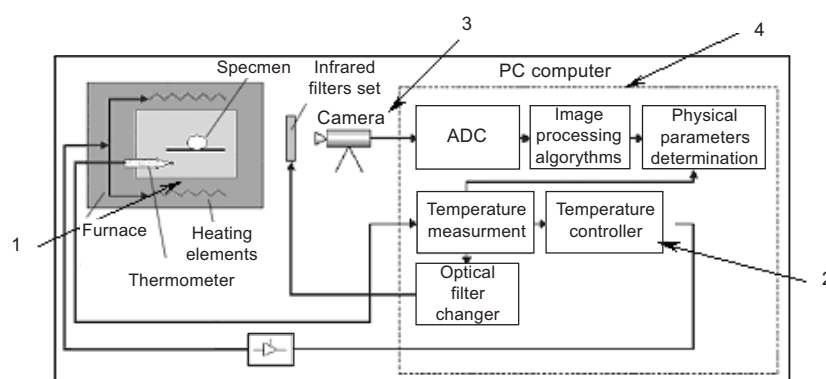
Marcin Bąkała*, Tomasz Koszmider*

Wpływ rozdzielczości kamery na dokładność wyznaczania napięcia powierzchniowego

1. Wprowadzenie

Urządzenie Thermo-Wet jest zautomatyzowanym stanowiskiem badawczym przeznaczonym do wyznaczania własności fizykochemicznych materiałów w szerokim zakresie temperatur od 650°C do 1700°C [1].

Schemat blokowy systemu pomiarowego urządzenia zaprezentowany został na rysunku 1. Głównymi modułami urządzenia są: piec z układem zasilającym (1), regulator temperatury (2), system wizyjny (3), komputer PC z kartą typu frame-graber (4).



Rys. 1. Schemat blokowy systemu pomiarowego
Objaśnienia w tekście

Podstawowymi parametrami, wyznaczanymi za pomocą urządzenia Thermo-Wet, są napięcie powierzchniowe i kąt zwilżania. Kąt zwilżania wyznaczany jest z punktu styczności trzech faz, zgodnie z definicyjnym równaniem Younga (1) [2]. Drugi współczynnik określany jest z zależności doświadczalnych, na podstawie równania Portera (2) [2].

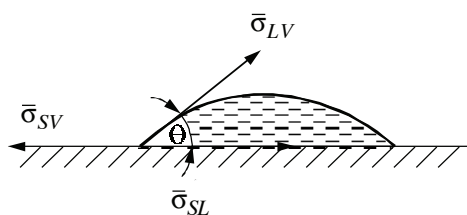
* Katedra Informatyki Stosowanej, Politechnika Łódzka

Warunek równowagi kropli na stałej podkładce przedstawiono na rysunku 2 [3].

$$|\bar{\sigma}_{LV}| \cos \theta + |\bar{\sigma}_{SL}| - |\bar{\sigma}_{SV}| = 0 \quad (1)$$

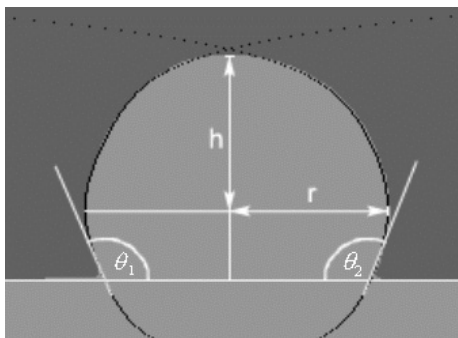
gdzie:

- θ – kąt zwilżania,
- σ_{SV} – napięcie powierzchniowe na granicy ciało stałe – gaz,
- σ_{SL} – napięcie powierzchniowe na granicy ciało stałe – ciecz,
- σ_{LV} – napięcie powierzchniowe na granicy ciecz – gaz.



Rys. 2. Parametry fizykochemiczne próbki

Parametry geometryczne kropli wyznaczone przez algorytm przetwarzania zilustrowano na rysunku 3.



Rys. 3. Mierzone parametry geometryczne próbki (r – maksymalny promień kropli; h – wysokość kropli nad płaszczyzną równikową; θ_1, θ_2 – lewy i prawy kąt zwilżania)

Wartość napięcia powierzchniowego została obliczona na podstawie równania doświadczalnego Portera (2).

$$\frac{\alpha^2}{r^2} = \left(\frac{h}{r}\right)^2 - 0,660 \left(\frac{h}{r}\right)^2 \left[1 - 4,05 \left(\frac{h}{r}\right)^2\right] \quad (2)$$

gdzie:

- r – maksymalny promień kropli,
- h – wysokość kropli nad płaszczyzną równikową,
- α – stała kapilarna.

Określona wartość wysokości kropli i promienia kropli umożliwia wyznaczenie wartości stałej kapilarnej. Uwzględniając gęstość badanego materiału, przyspieszenie ziemskie oraz stałą kapilarną, obliczamy wartość napięcia powierzchniowego w oparciu o wyrażenie (3).

$$\sigma = g \Delta \rho \alpha^2 \quad (3)$$

gdzie:

- $\Delta \rho$ – różnica gęstości, w przypadku metalu i fazy gazowej praktycznie: $\Delta \rho = \rho_S$, przy czym ρ_S jest gęstością metalu,
- g – przyspieszenie ziemskie,
- α^2 – parametr wyznaczany z empirycznego wzoru Portera (2).

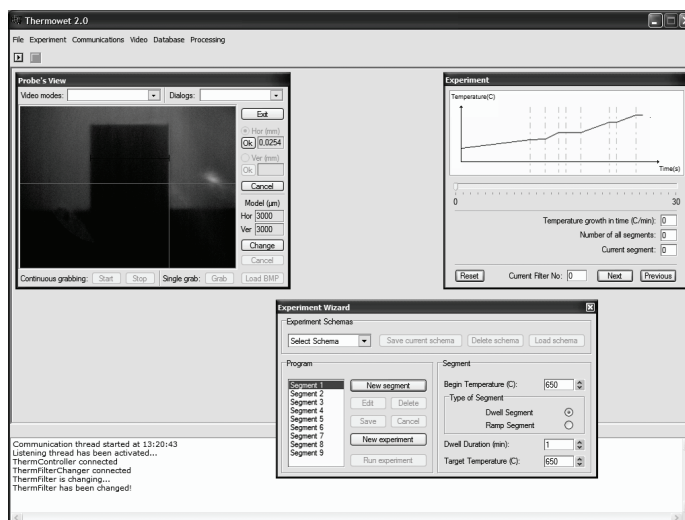
Celem przeprowadzonych pomiarów jest zbadanie wpływu rozdzielczości kamery na dokładność wyznaczania wartości napięcia powierzchniowego. Dokładność ta uzależniona jest od jakości obrazu na podstawie, którego obliczana jest wysokość kropli oraz jej maksymalny promień (2).

2. Przebieg pomiaru

Omawiany pomiar przeprowadzony został w temperaturze 11 000°C w obecności gazów ochronnych Ar, N, z możliwością zastosowania atmosfery redukującej w postaci H₂.

Materiałem badawczym była próbka wykonana z miedzi o wysokiej czystości.

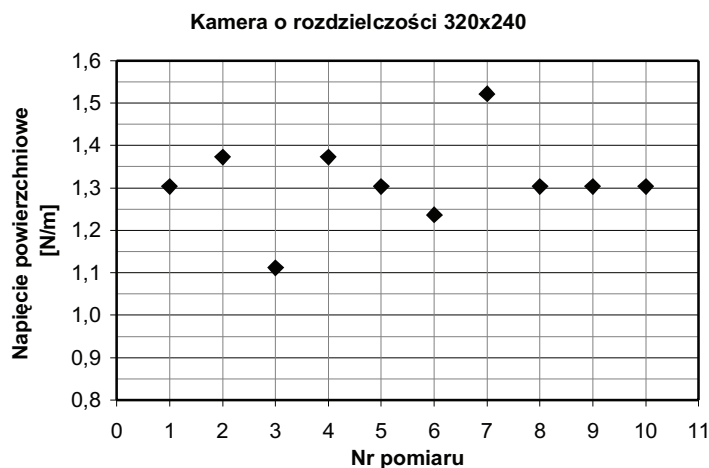
Rysunek 4 prezentuje moduł sterujący eksperymentem. Oprogramowanie przewiduje przeprowadzanie kilku rodzajów eksperymentów, polegających między innymi na możliwości zatrzymania narostu temperatury i utrzymania jej na określonym poziomie.



Rys. 4. Moduł planowania eksperymentu

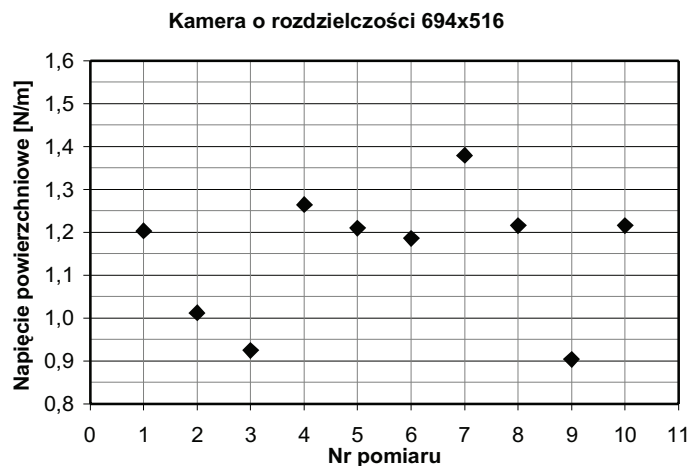
3. Wyniki pomiarów

Eksperyment został przeprowadzony na próbce miedzianej w temperaturze 1150°C. Pomiary zostały wykonane przy użyciu dwóch kamer o różnych rozdzielczościach. Rysunek 5 prezentuje dane eksperymentalne z zastosowaniem kamery CCD firmy Watec [4] o maksymalnej rozdzielczości 320×240 pikseli.



Rys. 5. Dane eksperymentalne z zastosowaniem kamery Watec o rozdzielczości 320×240

Rysunek 6 przedstawia dane eksperymentalne z zastosowaniem kamery CCD firmy Jenoptic [5] o rozdzielczości 694×516 pikseli.



Rys. 6. Dane eksperymentalne z zastosowaniem kamery Jenoptic o rozdzielczości 694×516

Tabela 1 przedstawia zestawienie wyników z przeprowadzonych eksperymentów.

Tabela 1
Zestawienie wyników

Nr pomiaru	Obliczona wartość napięcia powierzchniowego [N/m]	
	Kamera Watec 320×240	Kamera Jenoptic 694×516
1	1,3033	1,2030
2	1,3730	1,0120
3	1,1118	0,9243
4	1,3730	1,2642
5	1,3033	1,2097
6	1,2365	1,1858
7	1,5222	1,3796
8	1,3033	1,2155
9	1,3033	0,9035
10	1,3033	1,2155
Śr. arytm,	1,3133	1,1513

Publikowana wartość napięcia powierzchniowego dla miedzi wynosi $\sim 1,2$ [N/m]. Błąd względny dla otrzymanych wartości średnich zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2
Zestawienie wyników

Napięcie powierzchniowe [N/m]		
Kamera Watec 320×240	Kamera Jenoptic 694×516	Wartość odczytana z literatury
1,3133	1,1513	1,2
$\sim 9,4$	$\sim 4,0$	Błąd względny [%]

4. Wnioski

Zautomatyzowany pomiar badanych wielkości stanowi szybką i precyzyjną weryfikację materiałów użytych w danym procesie technologicznym. Modułowa konstrukcja urządzenia umożliwia badanie materiałów o różnych właściwościach i zastosowaniu. Ponadto ar-

chitektura oprogramowania pozwala na łatwą jego modernizację w zależności od potrzeb użytkownika.

Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że zastosowanie kamery o wyższej rozdzielczości znacznie poprawia dokładność uzyskiwanych wyników. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na poprawę dokładności wyników może być użycie obiektywu o znacznie większej rozdzielczości np. 1,2 megapiksela.

Literatura

- [1] Projekt badawczy: Nr 8 T10C 005 14 pt.: *Automatyczne pomiary napięcia powierzchniowego i kąta zwilżania materiałów w wysokich temperaturach*
- [2] Missol W.: *Energia powierzchni rozdziału faz w metalach*. Wyd. Śląsk, Katowice 1974
- [3] Wieloch S.: *Krzepiące metali i stopów*. Ossolineum, Warszawa 1988
- [4] Strona internetowa firmy Watec: <http://www.watec.net/>
- [5] Strona internetowa firmy Jenoptik: <http://www.jenoptik.com/>