

Zastosowanie metod termowizyjnych do oceny procesu konsolidacji wstęgi w maszynie papierniczej

The use of Thermal Imaging Methods to Evaluate the Process of Paper Web Consolidation in the Paper Machine

PAWEŁ PEŁCZYŃSKI, WŁODZIMIERZ SZEWCZYK,
MARIUSZ RECZULSKI, MICHAŁ GŁĘBOWSKI

DOI: 10.15199/54.2016.11.2

W artykule opisano możliwości zastosowania termowizyjnych metod pomiaru temperatury do monitorowania pracy maszyny papierniczej, w szczególności do oceny procesu konsolidacji wstęgi. Nakreślono teoretyczne podstawy zdalnego pomiaru temperatury za pomocą kamery termowizyjnej oraz podano praktyczne wskazówki dotyczące kalibracji i doboru nastaw kamery oraz interpretacji wyników pomiaru. Do omówienia analizowanych zagadnień wykorzystano wyniki pomiarów termowizyjnych wykonanych przez autorów podczas badania maszyny produkującej papiery higieniczne.

Słowa kluczowe: termowizja, promieniowanie termiczne, emisyjność, temperatura, papier

The article describes the possibility of using infrared temperature measurement methods for monitoring the operation of a paper machine, in particular for the assessment of the consolidation of the web. It outlines the theoretical basis for remote temperature measurement using a thermal imager and provides practical guidance on calibration and tuning of the camera and interpretation of measurement results. The results of thermal measurements made by the authors on the paper machine producing sanitary papers were used to discuss the above issues.

Keywords: thermography, thermal radiation, emissivity, temperature, paper

Podstawy termowizji

Techniki badań termowizyjnych w obecnych czasach zyskują coraz większą popularność w przemyśle, m.in. do diagnozowania stanu elementów maszyn, monitorowania przebiegu procesów przemysłowych oraz powstawania wyrobów, których produkcja wiąże się z wytwarzaniem energii cieplnej [7]. Przemysłowe ka-

mery termowizyjne znajdują także zastosowanie jako urządzenia do zdalnego pomiaru temperatury powierzchni urządzeń i produktów. Dokładność pomiaru jest jednak uzależniona od szeregu czynników, których nie można zaniedbać, aby wynik pomiaru nie był obciążony nadmiernymi błędami. Należy pamiętać, że jest to pośrednia technika pomiarowa, w której mierzona jest energia promieniowania elektromagnetycznego docierającego do powierzchni przetwornika obrazowego kamery [9]. Poniżej opisano podstawowe zjawiska i zależności, które należy uwzględniać, aby móc prawidłowo używać kamery termowizyjnej jako urządzenia do pomiaru temperatury.

U podstaw termowizji leży zjawisko emisji promieniowania elektromagnetycznego przez wszystkie ciała o temperaturze powyżej zera bezwzględnego. Dla ciała doskonale czarnego [3] prawo Plancka następująco opisuje zależność mocy / wypromieniowanej przez jednostkową powierzchnię ciała o danej temperaturze od długości fali:

$$I(\nu) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (1)$$

gdzie:

λ – długość fali emitowanego promieniowania [m],

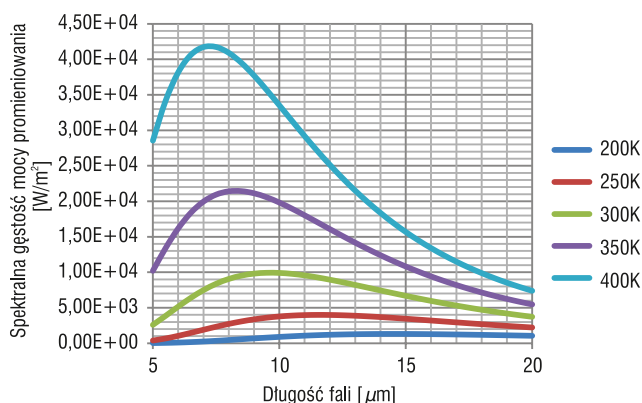
h – stała Plancka,

k – stała Boltzmanna,

c – prędkość światła w próżni [m/s],

T – temperatura powierzchni ciała [K].

Dr inż. **P. Pełczyński**, dr hab.inż. **W. Szewczyk**, prof. PŁ,
dr inż. **M. Reczulski**, dr inż. **M. Głębowski**, Politechnika Łódzka,
Instytut Papiernictwa i Poligrafii, ul. Wólczańska 223, 90-924 Łódź



Rys. 1. Rozkład Plancka dla wybranych temperatur [3]

Ze względu na zależność mocy promieniowania I od długości fali nazywa się ją także *radiacją spektralną, częstotliwościową*. Krzywe ilustrujące tę zależność w obszarze promieniowania termicznego pokazano na rysunku 1. Zgodnie z prawem przesunięć Wiena, długość fali, dla której występuje maksimum promieniowania, maleje ze wzrostem temperatury ciała doskonale czarnego.

W rzeczywistości ciało doskonale czarne nie istnieje, a krzywa mocy wytwarzanego promieniowania dla danej temperatury leży poniżej krzywej teoretycznej i często przyjmuje inny kształt. Moc promieniowania emitowanego przez ciało rzeczywiste, odniesiona do mocy promieniowania ciała doskonale czarnego w tej samej temperaturze, nazywana jest emisyjnością i określana współczynnikiem emisyjności ε . Zdolność do pochłaniania energii promieniowania przez ciało rzeczywiste, określana absorpcyjnością i dana współczynnikiem pochłaniania α , jest równa jego emisyjności:

$$\varepsilon = \alpha \quad (2)$$

Ciała rzeczywiste mają jednocześnie zdolność odbijania promieniowania, czyli charakteryzują się refleksyjnością mierzoną współczynnikiem odbicia ρ . Jeśli rozpatrywane ciało ma kształt cienkiej płyty, to często jest częściowo przezroczyste dla promieniowania elektromagnetycznego. Odnacza się wówczas transmisyjnością definiowaną współczynnikiem transmisji τ . Z zasady zachowania energii można uzyskać następujące zależności pomiędzy zdefiniowanymi współczynnikami:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (3)$$

Jeśli ciało jest w pełni nieprzezroczyste, powyższe równanie upraszcza się do:

$$\rho + \alpha = 1 \quad (4)$$

Z powyższych zależności wynika ważna konsekwencja, o której należy pamiętać, wykonując pomiary temperatury za pomocą kamery termowizyjnej. Jeśli ciało odznacza się niską emisyjnością, to jednocześnie ma zdolność odbijania promieniowania pochodzącego od pobliskich obiektów. Zaniedbanie tego faktu może prowadzić do poważnych błędów pomiarowych [5]. Efekt ten można do pewnego stopnia skompensować, wprowadzając w ustawieniach kamery prawidłową wartość omówionego niżej parametru, nazywanego „temperaturą odbicia”. W przypadku gładkich powierzchni metalowych należy jednak zachować szczególną ostrożność, gdyż metale odznaczają się bardzo małą emisyjnością i takie powierzchnie zachowują się jak zwierciadła odbijające promieniowanie z określonego kierunku.

Zastosowanie termowizji w przemyśle papierniczym

Termowizja znajduje szereg zastosowań w przemyśle do monitorowania stanu maszyn i instalacji, identyfikacji miejsc najbardziej narażonych na uszkodzenia termiczne, czy starzenie się materiału w wyniku długotrwałego oddziaływania zbyt wysokiej temperatury. W przemyśle papierniczym stosowane jest zarówno monitorowanie elementów maszyny, jak i przebiegu procesu produkcyjnego [1]. Szczególnie narażone na przegrzanie są miejsca łożyskowania wałów w maszynie (rys. 2a, rys. 2b) a ilość wydzielanego w nich ciepła rośnie wraz ze zużywaniem się łożysk.

Monitorowanie ich temperatury pomaga w planowaniu terminów wymiany łożysk i zapobieganiu awariom. Podobnie jest w przypadku silników i elementów układów przeniesienia napędu. W obu przypadkach zastosowanie kamery termowizyjnej upraszcza i przyspiesza kontrolę stanu technicznego tych elementów. W podobny sposób można kontrolować stan innych urządzeń a w szczególności układu zasilania parą oraz układu wentylacji i rekuperacji ciepła (rys. 2c), w tym wykrywania źle zaizolowanych miejsc. Przykład nieszczelności w kanale czynnika suszącego dostarczanego pod osłonę został pokazany na rysunku 2d. Struga gorącego powietrza częściowo wydostaje się na zewnątrz przez nieszczelność dobrze widoczną w obrazie termograficznym, a częściowo wpływa pod blachę osłony termicznej, powodując jej silne rozgrzanie wzdłuż rurociągu.

Wytwarzanie papieru w maszynie papierniczej charakteryzuje się dużym zużyciem energii elektrycznej i cieplnej [2]. Z tego powodu wykrywanie źródeł strat ciepła i ograniczanie ilości traconej energii cieplnej ma duże znaczenie i może przyczynić się do istotnego zmniejszenia kosztów produkcji. Monitorowanie



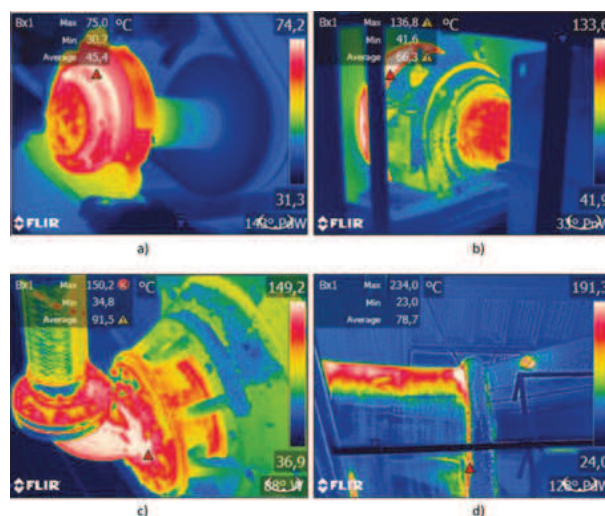
temperatury wstęgi papieru oraz elementów maszyny jest istotne nie tylko ze względów ekonomicznych, ale także ze względu na zachowanie bezpieczeństwa procesu.

Pomiar temperatury wstęgi – metoda i narzędzia badawcze

W procesie wytwarzania papieru powszechnie stosowane są urządzenia do pomiaru profilu wilgotności i gramatury wstęgi, jednak pomiar ten jest dokonywany przed nawijakiem i dotyczy gotowego wyrobu [2]. W wielu przypadkach bardzo przydatne mogą być dodatkowe informacje o parametrach wytwarzanej wstęgi na wcześniejszych etapach jej produkcji. Takie możliwości daje kamera termowizyjna. Łatwy pomiar temperatury papieru daje informację o prawidłowości przebiegu procesu i może być wskazaniem do zmiany jego parametrów. Kamera termowizyjna posiada przetwornik obrazowy czuły na promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali w zakresie promieniowania termicznego. Fale spoza tego zakresu są tłumione za pomocą specjalnych filtrów w obiektywie kamery. Przetwornik obrazowy jest prostokątną siatką czujników mierzących moc docierającego do nich promieniowania. Znajomość opisanych wyżej parametrów obserwowanych powierzchni pozwala oszacować ich temperaturę. Układ optyczny kamery ogniskuje promieniowanie na powierzchni przetwornika, tworząc obraz termiczny rejestrowanych obiektów. Czujniki przetwornika wytwarzają sygnał elektryczny proporcjonalny do mocy promieniowania, który jest następnie próbkowany i rejestrowany w postaci cyfrowej na nośniku pamięci w kamerze. Ogniskowa obiektywu oraz gęstość czujników na powierzchni przetwornika decydują o przestrzennej rozdzielczości pomiaru temperatury. Dokładność pomiaru i jego szybkość, reprezentowana liczbą obrazów na sekundę, zależy głównie od konstrukcji przetwornika obrazowego oraz elektroniki kamery. Zasada działania i konstrukcja kamery termowizyjnej sprawia, że jest ona narzędziem pomiarowym dobrze dostosowanym do pomiaru rozkładu temperatury na powierzchni szybko poruszającej się wstęgi papieru podczas jego produkcji.

Celem prezentowanych prac była ocena możliwości zastosowania kamery termowizyjnej do pomiaru temperatury wstęgi oraz jej rozkładu w kierunku maszynowym i poprzecznym na poszczególnych etapach jej konsolidacji w maszynie papierniczej.

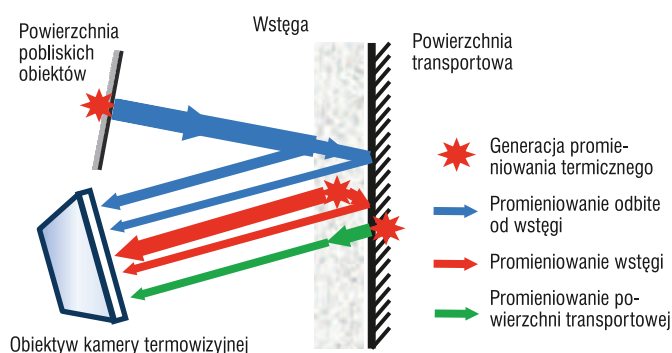
Wykonano serię pomiarów w warunkach przemysłowych, które ujawniły szereg czynników, jakie należy wziąć pod uwagę, aby zminimalizować błędy wyników pomiarów. Najistotniejszym parametrem jest emisyjność wstęgi, która zmienia się w trakcie



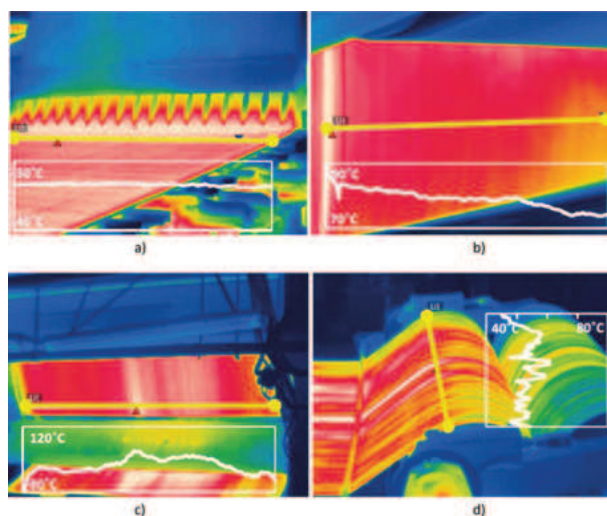
Rys. 2. Rozkład temperatury elementów maszyny papierniczej: a) łożyskowanie walca prowadzącego filc, b) łożyskowanie cylindra Yankee po stronie napędu, c) głowica parowa cylindra, d) kanał czynnika suszącego dostarczanego pod osłonę

konsolidacji i musi zostać zidentyfikowana na każdym etapie procesu. Znane, laboratoryjne metody pomiaru emisyjności [9] wymagają zastosowania ciała referencyjnego lub zwierciadła, co nie jest możliwe do wykonania w warunkach przemysłowych z powodu ograniczonej kontroli temperatury ich powierzchni oraz trudności zamocowania w bezpośredniej bliskości wstęgi. Jedyłą, użyteczną metodą pomiaru emisyjności pozostaje metoda kalorymetryczna [8], w której dokonuje się bezpośredniego pomiaru temperatury wstęgi za pomocą sondy stykowej i jednocześnie wykonywany jest pomiar za pomocą kamery, podczas którego koryguje się emisyjność do momentu zrównania wskazań temperatury w obu przyrządach. Aby wynik procedury identyfikacji emisyjności był poprawny, konieczna jest znajomość temperatury pobliskich obiektów, których promieniowanie może odbijać się od identyfikowanej powierzchni, czyli tzw. „temperatury odbitej”. Jest to szczególnie ważne na początkowym etapie konsolidacji wstęgi (na sicie), gdzie emisyjność jest najmniejsza i udział promieniowania odbitego od wstęgi stanowi istotny ułamek mocy promieniowania docierającego do przetwornika kamery. Ponieważ odbicie od wstęgi ma charakter dyfuzyjny (nie jest silnie kierunkowe), pomiaru temperatury odbitej dokonuje się także kamerą z ustawieniem współczynnika emisyjności $\varepsilon=1$.

Pomiar temperatury wstęgi komplikuje się szczególnie dla papierów higienicznych o niskiej gramaturze, które ze względu na małą grubość i niejednorodność powierzchni posiadają niezerową transmisyjność (przezroczystość) τ [4]. Bezpośredni pomiar transmisyjności w warunkach przemysłowych nie jest możliwy.



Rys. 3. Propagacja promieniowania termicznego przez papier na powierzchni transportowej



Rys.4 Obrazy i profile poprzeczne temperatury wstęgi na poszczególnych etapach produkcji papieru: a) na sicie przy wlewie, b) na cylindrze za pierwszą prasą, c) na cylindrze przed skrobakiem, d) na nawijaku

W przypadku pomiarów temperatury wstęgi transportowanej na powierzchni nośnika o większej grubości, np. na sicie, filcu lub cylindrze, zazwyczaj wystarczające jest przyjęcie takiego układu za powierzchnię nieprzezroczystą, której emisyjność należy zidentyfikować opisaną wyżej techniką. Warunkiem zastosowania takiego uproszczenia jest jednakowa temperatura podłoża i samego papieru, co jest spełnione na pierwszych etapach konsolidacji, gdzie duża wilgotność wstęgi zapewni szybki transport ciepła i wyrównanie się temperatury. Propagacja promieniowania w tym układzie została pokazana na rysunku 3. Wyróżnia się kilka składowych promieniowania docierającego do obiektywu kamery termowizyjnej, których przyczyną są następujące zjawiska:

- odbicie promieniowania od pobliskich obiektów,
- promieniowanie samej wstęgi,
- promieniowanie powierzchni transportowej pod wstęgą.

Wewnątrz wstęgi w rzeczywistości dochodzi do załamania, odbicia i pochłaniania promieniowania termicznego. Dla prostoty rysunku pokazano jedynie wiązki promieniowania biegnące w kierunku kamery pod tym samym kątem. Zjawisko pochłaniania promieniowania we wstędze zilustrowano zmniejszającą się grubością strzałek.

Wyjątkiem, w którym nie można stosować takiego uproszczenia, jest występowanie różnicy temperatur między powierzchnią papieru a podłożem. Zjawisko to może mieć miejsce np. w sekcji suszącej na skutek silnego podgrzania powierzchni papieru przez czynnik suszący pod osłoną wysokowydajną (w układzie maszyny z cylindrem Yankee) lub w początkowej fazie suszenia, gdzie zimny papier zaczyna się stykać z gorącym cylindrem. Wówczas górna powierzchnia papieru może mieć temperaturę znacznie różniącą się od temperatury cylindra, co wpływa na wynik pomiaru.

W otoczeniu maszyny papierniczej nie bez znaczenia dla wyniku pomiaru temperatury wstęgi pozostaje transmisyjność atmosfery i jej własna emisja promieniowania. Te parametry zależą od temperatury i wilgotności powietrza w miejscu pomiaru oraz od obecności drobin pyłów lub skraplających się oparów. We współczesnych kamerach termowizyjnych następuje automatyczna korekta wyników pomiarów po wprowadzeniu wartości temperatury otoczenia, wilgotności i odległości od obserwowanej powierzchni. W przypadku obserwacji wstęgi pod dużymi kątami względem normalnej do jej powierzchni odległość od kamery zmienia się w szerokich granicach, co może prowadzić do zafałszowania wyników pomiaru, szczególnie dla skrajnych brzegów wstęgi. Zaleca się wówczas wykonanie pomiarów z dwóch brzegów wstęgi z odległością ustawioną na wartość odległości do środka wstęgi i uśrednienie obu wyników.

Przykłady obrazów rozkładu temperatury wstęgi na różnych etapach konsolidacji wstęgi, wykonane z ustawieniami kamery zgodnie z opisaną wyżej procedurą, pokazano na rysunku 4.

Pomiary temperatury masy celulozowej na sicie wykonane kamerą termowizyjną pokazały dobrą równomierność jej poprzecznego profilu, co potwierdza poprawność badanej metody pomiaru (rys. 4a). Obserwowany rozkład temperatury na cylindrze Yankee za pierwszą prasą (rys. 4b) uwidacznia wpływ promieniowania odbitego od powierzchni papieru po lewej stronie obrazu na wyniki pomiaru oraz zależność emisyjności papieru od kąta obserwacji [8] po prawej stronie (pozorny spadek temperatury). Wpływ promieniowania odbitego na pomiar temperatury można zminimalizować, powtarzając pomiar pod różnymi kątami. Dla większości ciał obserwuje się spadek emisyjności ze wzrostem kąta pomiędzy normalną do powierzchni i kierunkiem obserwacji,



co tłumaczy wspomniany efekt. O ile jest to możliwe należy unikać pomiarów pod dużymi kątami. Problem zależności emisyjności od kąta obserwacji staje się nieistotny dla kątów mniejszych od 60° (rys. 4c). W dalszym ciągu jednak pozostaje problem przeliczenia współrzędnych obrazowych na współrzędne przestrzenne podczas wyznaczania maszynowego lub poprzecznego profilu temperatury. Aby uniknąć skomplikowanych przekształceń geometrycznych obserwowanego profilu, należy wykonywać rejestrację najlepiej w warunkach pokrywania się osi optycznej kamery z normalną do powierzchni wstęgi oraz pokrywania się poziomej lub pionowej osi obrazu z rejestrowanym profilem. Nie zawsze jednak możliwa jest rejestracja wybranego profilu wstęgi pod takim kątem (rys. 4d). Wtedy nie da się uniknąć wspomnianych przekształceń oraz konieczne jest wyznaczenie pozycji i orientacji kamery względem obiektu, w tym przypadku – rejestrowanego profilu [6].

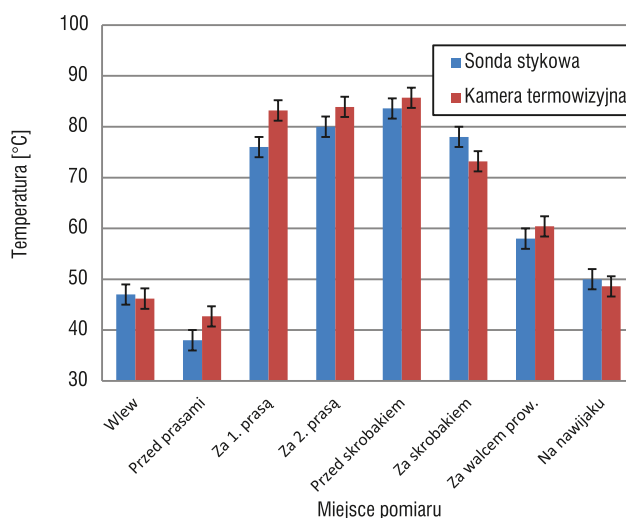
Wyniki pomiarów

Aby ocenić użyteczność termowizji do monitorowania procesu konsolidacji wstęgi w maszynie papierniczej zrealizowano szereg praktycznych eksperymentów pomiarowych weryfikowanych pomiarami temperatury za pomocą sond stykowych. Użyto kamery termowizyjnej FLIR T460 z obiektywem standardowym o poziomym kącie widzenia 22°, a jako metody odniesienia użyto miernika SWEMA TS59A, wyposażonego w sondy stykowe do papieru i do cylindra oraz miernika ALMEMO 2290-2. Wykonano serię pomiarów temperatury wstęgi na poszczególnych etapach procesu jej konsolidacji w odległości 0,5 m od brzegu wstęgi po stronie obsługi. Wyniki zostały zestawione w tabeli 1.

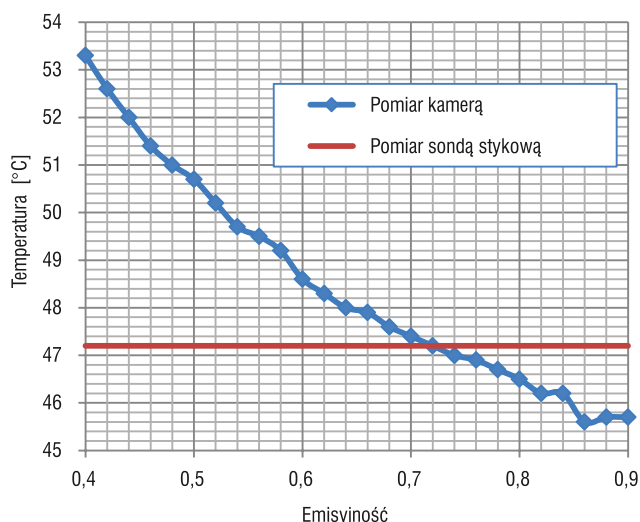
Tabela 1. Porównanie wyników pomiaru temperatury wstęgi papieru za pomocą sondy stykowej i kamery termowizyjnej

Miejsce pomiaru	Temperatura mierzona sondą stykową, [°C]	Temperatura mierzona kamerą termowizyjną, [°C]
Wlew	47	46,2
Przed prasami	38	42,7
Za pierwszą prasą	76	83,2
Za drugą prasą	80	83,9
Przed skrobakiem	83,6	85,7
Za skrobakiem od góry	78	73,2
Za walcem prowadzącym	58	60,4
Na nawijaku	50	48,6

Najlepszą zgodność pomiarów osiągnięto na sicie, co można wytłumaczyć dobrymi warunkami kalibracji kamery oraz bardzo



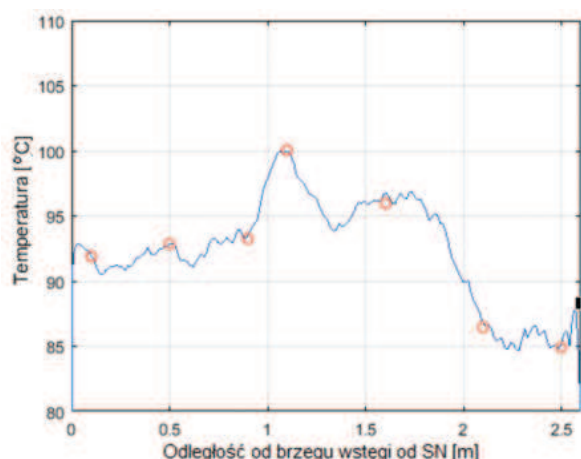
Rys. 5. Graficzne porównanie wyników pomiaru temperatury z uwzględnieniem dokładności sondy stykowej i kamery termowizyjnej



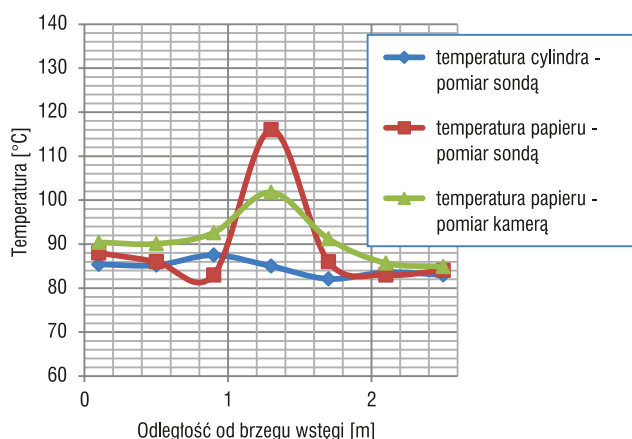
Rys. 6. Wynik pomiaru temperatury masy papierniczej za wlewem w funkcji ustawionej w kamerze emisyjności

równomiernym rozkładem temperatury masy celulozowej (rys. 4a). Rozbieżności w sekcji prasowej można wytłumaczyć trudnym dostępem do mierzonej powierzchni, co utrudniało pomiar temperatury odbitej oraz identyfikację emisyjności. Obserwowana różnica w pomiarze temperatury wstęgi za skrobakiem wynika z transmisyjności papieru i znacząco niższej temperatury podłoża, której nie można było zmierzyć za pomocą sondy stykowej. Pozostałe pomiary były obciążone niewielkimi błędami, mieszczącymi się w granicach błędów pomiarowych sondy SWEMA (rys. 5).

Do oceny znaczenia współczynnika emisyjności powierzchni wykonano serię pomiarów temperatury masy celulozowej na sicie w funkcji ustawienia tego parametru w kamerze. Jako metodę od-



Rys. 7. Zarejestrowany kamerą termowizyjną profil poprzeczny temperatury papieru na cylindrze Yankee przed skrobakiem



Rys. 8. Graficzne porównanie wyników pomiarów temperatury powierzchni cylindra i papieru za pomocą sondy stykowej oraz kamery termowizyjnej

niesienia zastosowano pomiar sondą stykową miernika ALMEMO 2290-2. Wyniki zestawiono na wykresie (rys. 6).

Pozwoliło to oszacować emisyjność masy na sicie $\varepsilon=0,72$. Wykres pokazuje jednocześnie jak duże znaczenie dla dokładności pomiaru temperatury wstęgi ma prawidłowa identyfikacja jej emisyjności.

Pomierzono także profil poprzeczny temperatury papieru na cylindrze Yankee przed skrobakiem za pomocą kamery termowizyjnej i dla porównania wykonano serię pomiarów temperatury powierzchni papieru i cylindra za pomocą sond stykowych w wybranych punktach profilu. Kształt profilu poprzecznego temperatury zaobserwowany za pomocą kamery został pokazany na rysunku 7. Wyniki zestawiono w tabeli 2 i na rysunku 8.

Tabela 2. Temperatura cylindra i papieru na cylindrze przed skrobakiem w wybranych punktach profilu poprzecznego wstęgi

Odległość od brzegu wstęgi mierzona od strony napędu [m]	Temperatura cylindra – pomiar sondą stykową [°C]	Temperatura powierzchni papieru - pomiar sondą stykową [°C]	Temperatura papieru – pomiar kamerą termowizyjną [°C]
0,1	85,4	88	90,4
0,5	85,2	86	90,1
0,9	87,5	83	92,6
1,3	85,0	116	101,8
1,7	82,1	86	91,2
2,1	83,6	83	85,7
2,5	83,0	84	84,9

Pomiar sondą stykową ujawnia silny wzrost temperatury powierzchni papieru w środkowej części profilu, podczas kiedy w obrazie z kamery termowizyjnej przyrost ten jest dwukrotnie mniejszy. Obserwowana rozbieżność wskazuje na występowanie opisywanego wyżej zjawiska nierównomiernego nagrzewania górnej powierzchni papieru przez gorące powietrze i dolnej przez cylinder. Dla potwierdzenia wykonano serię pomiarów temperatury samego cylindra wzdłuż jego tworzącej, która okazała się bardziej równomierna i jednocześnie niższa od temperatury powierzchni papieru. W takich warunkach kamera termowizyjna mierzy wypadkową temperatury papieru i cylindra, a sonda stykowa mierzy temperaturę jedynie górnej powierzchni papieru. Obserwowana rozbieżność daje informację o potencjalnym, lokalnym przegrzewaniu papieru przez osłonę i konieczności sprawdzenia poprawności jej funkcjonowania.

Wnioski

Możliwe jest zastosowanie kamery termowizyjnej do pomiaru temperatury wstęgi papieru na poszczególnych etapach procesu jej konsolidacji w maszynie papierniczej. Należy jednak pamiętać, że warunki środowiskowe produkcji papieru są szczególnie trudne i wymagają precyzyjnego wykonania kalibracji kamery przed przystąpieniem do pomiarów. Ponadto parametry emisyjne wstęgi papieru zmieniają się w czasie konsolidacji i wymagają indywidualnej identyfikacji dla każdego jej etapu. Seria pomiarów wykonana dla maszyny produkującej papiery higieniczne pokazała możliwość zastosowania kamery do inspekcji elementów maszyny, łatwego znajdowania elementów wytwarzających ciepło wskutek pracy mechanicznej, miejsc ucieczki ciepła z układu rekuperacji oraz rozkładu temperatury produkowanej wstęgi papieru, a tym



samym przydatność pomiarów termowizyjnych do monitorowania procesu wytwarzania wstęgi w maszynie papierniczej.

W artykule wykorzystano wyniki pomiarów przeprowadzonych w ramach projektu nr GEKON2/05/268278/22/2016: „Zwiększenie recyklingu makulatury oraz zmniejszenie energochłonności i poprawa efektywności procesu suszenia w maszynie papierniczej poprzez zastosowanie układów mikrodyskowych” dofinansowanego przez NCBR i NFOŚiGW w ramach Programu GEKON – Generator Koncepcji Ekologicznych.

Artykuł recenzowany

*Przysłany do redakcji 7.10.2016 r.,
zakwalifikowany do druku 8.11.2016 r.*

LITERATURA

- [1] Gaver Norm. 2011. "Thermography in the Paper Mill – Detecting Moisture Irregularities". Stockton Infrared Thermographic Services.
- [2] Jankes Goran, et al. 2011. "Waste Heat Potentials in the Drying Section of the Paper Machine in UMKA Cardboard Mill". Thermal Science. Vol. 15, No. 3, pp. 735-747.
- [3] Kuhn Thomas. 1978. "Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity". Oxford University Press. ISBN 0-19-502383-8.
- [4] Mendioroz Arantza, Fuente-Dacal Raquel, Apiñaniz Estibaliz, Salazar Agustín. 2009. "Thermal diffusivity measurements of thin plates and filaments using lock-in thermography". Review of Scientific Instruments Vol. 80, 074904.
- [5] Minkina Waldemar, Dudzik Sebastian. 2009. "Infrared Thermography - Errors and Uncertainties". John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-0-470-68224-1.
- [6] Pelczyński Paweł. 2011. "Model Based Estimation of Camera Position in 3D Scene". Springer Link. Vol. 102 of the series Advances in Intelligent and Soft Computing pp. 183-190.
- [7] Vollmer Michael, Mollmann Klaus-Peter. 2010. "Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications". Wiley. ISBN: 978-3-527-40717-0.
- [8] Więcek Bogusław. 2010. „Wybrane zagadnienia współczesnej termowizji w podczerwieni”. Politechnika Łódzka. Instytut Elektroniki. ISBN 8372833443, 9788372833440.
- [9] Więcek Bogusław, De Mey Gilbert. 2011. „Termowizja w podczerwieni Podstawy i zastosowania”. Wydawnictwo PAK. ISBN 8392631978, 9788392631972.

Z ŻYCIA 

SPP gościem XV Kongresu NSZZ „S” Przemysłu Chemicznego

24-26 października we Wrocławiu odbył się Kongres NSZZ „S” zorganizowany przez Krajowy Sekretariat Przemysłu Chemicznego, który obchodzi w tym roku 25-lecie swojej działalności związkowej. Z upoważnienia M. Kundy, prezesa SPP, nasze Stowarzyszenie reprezentował dyr. generalny Janusz Turski.

Międzynarodowa Konferencja Papiernicza PROGRESS'17

21 października w biurze SPP w Łodzi odbyło się spotkanie Komitetu Organizacyjnego (KO) Międzynarodowej Konferencji Papierniczej PROGRESS'17. W skład KO wchodzi: Andrzej Głębowski (przewodniczący), Janusz Turski (sekretarz organizacyjny ds. kontaktów z organami administracji rządowej i samorządowej), Katarzyna Godlewska (sekretarz organizacyjny), Jolanta Tybuś, Maria Żubrzak, Agnieszka Werner, Rafał Kadyrow i Michał Jastrzębski. Zatwierdzono również skład Komitetu Programowego konferencji: dr hab. inż. Konrad Olejnik (IPI PŁ) – przewodniczący

(funkcja honorowa), dr inż. Katarzyna Godlewska (SPP), prof. Jean-Francis Bloch (Grenoble INP-Pagora), dr Hannes Vomhoff (INNVENTIA AB), prof. Miloslav Milichovsky (TU Pardubice), prof. Samuel Schabel (TU Darmstadt), Harald Grossmann (Niemcy), mgr inż. Agnieszka Werner (SPP) – sekretarz.

Spotkanie Komisji Historycznej

27 października w siedzibie SPP odbyło się spotkanie Komisji Historycznej. Oprócz jej stałych członków, obecni byli Janusz Turski, dyr. SPP i Katarzyna Godlewska, dyr. biura SPP. Obrady Komisji Historycznej rozpoczęły się wyborem jej nowego przewodniczącego. Z funkcji tej zrezygnował Maciej Szymczyk, dyr. Muzeum Papiernictwa w Dusznikach, kierujący komisją od trzech kadencji. Nowym przewodniczącym został Jan Bałchan, kustosz w dusznickim Muzeum. Jego zastępcą wybrano Leszka Goetzendorfa Grabowskiego. Ponadto, w Komisji będą pracować: Stanisław Matczuk, Halina Stupińska, Tadeusz Szczepański i Maciej Szymczyk.