

Czujniki temperatury do pracy w bardzo trudnych warunkach

Lech Borowik, Rajmund Włodarz, Damian Włodarz

Wstęp

Zarówno w procesach przemysłowych, jak i badaniach laboratoryjnych jednym z podstawowych parametrów fizycznych opisujących stan układu jest temperatura. Jej pomiar może być realizowany na wiele sposobów. W zależności od interakcji pomiędzy badanym obiektem a czujnikiem pomiarowym rozróżnia się:

- pomiar kontaktowy, gdzie czujnik dotyka obiektu, którego temperaturę mierzy;
- pomiar bezkontaktowy, który odbywa się poprzez pomiar parametrów promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez rozgrzane ciało.

Równie istotne jest, jakie zjawiska fizyczne są wykorzystywane do pomiaru temperatury. Wyróżnić tutaj można:

- odkształcenie bimetalu;
- wytwarzania napięcia elektrycznego (termopara);
- zmiany rezystancji elementu;
- zmiany parametrów złącza półprzewodnikowego (termometr diodowy);
- zmiany objętości cieczy, gazu lub długości ciała stałego (termometr, termometr cieczowy);
- parametrów promieniowania cieplnego ciała, np. Pirometr;

- zmiana barwy – barwa żaru, barwa nalotowa stali, farba zmieniająca kolor pod wpływem temperatury;
- stożki Segera.

Podstawowe sposoby pomiaru temperatury zaprezentowano na rys. 1.

Pomiar temperatury w procesie produkcyjnym

Pomiary temperatur są realizowane od wielu lat. W tej tak dobrze znanej, opisanej dziedzinie wydawałoby się, że wszystko zostało już dokonane. Praktyka pokazuje jednak, iż jest możliwe ciągle doskonalenie czujników, metod pomiarowych. Udoskonalenia dotyczą zarówno dokładności pomiarowej, jak i czasu bezawaryjnej pracy toru pomiarowego. Elementem najbardziej narażonym na uszkodzenie z uwagi na trudne warunki pracy (wysokie temperatury, udary mechaniczne, agresywne środowisko itd.) jest termopara. Z tego względu właściwy dobór materiałów i precyzyjne wykonanie czujnika ma decydujący wpływ na właściwości metrologiczne, jak i jego żywotność. Wymiana uszkodzonego czujnika temperatury w trakcie trwania procesu produkcyjnego wielokrotnie jest bardzo kłopotliwa,

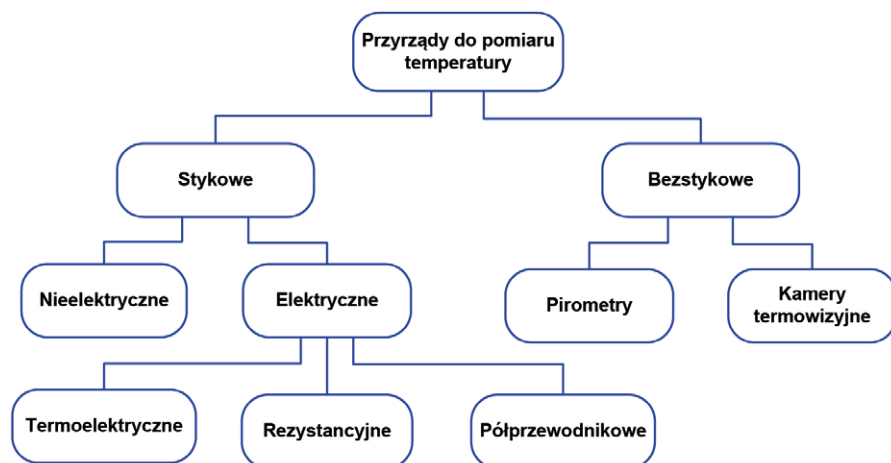
Streszczenie: Dla wielu procesów technologicznych bardzo istotnym parametrem stanu jest temperatura. Metody jej pomiaru, chociaż doskonale znane i szeroko opisane w niektórych przypadkach mogą nastroczać szeregu trudności. Jednym z istotniejszych zagadnień jest tzw. „czas życia” czujnika, czyli jego wrażliwość na warunki środowiskowe panujące w miejscu pomiaru. W artykule przedstawiono przykład termopary do pomiaru temperatury w procesie wypały wapna. Gdzie poprzez zastosowanie nowych materiałów jak i specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych zdecydowanie poprawiono trwałość i niezawodność czujnika.

Słowa kluczowe: termopara, pomiar temperatury.

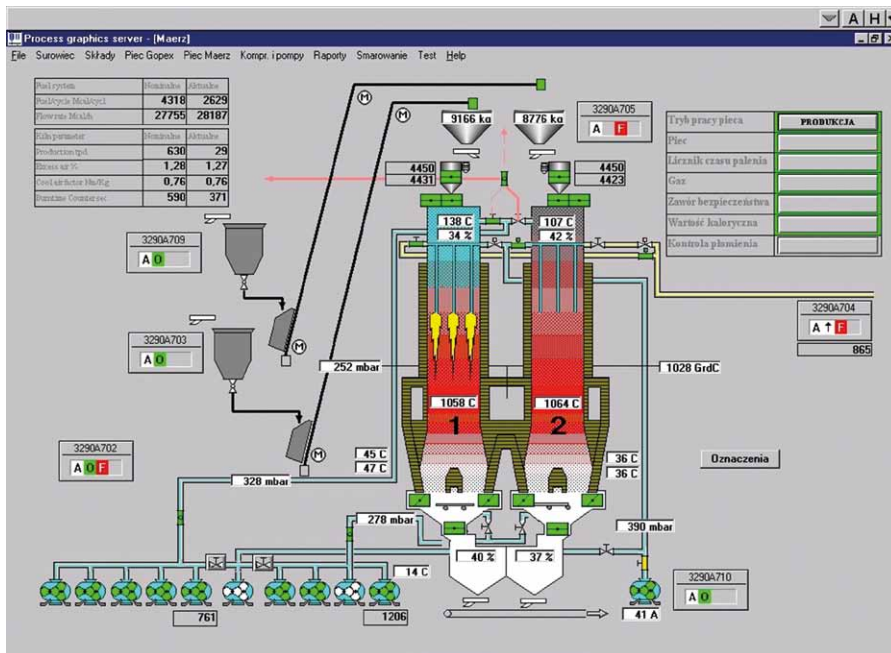
potrafi angażować wielu pracowników i dużo specjalistycznego sprzętu. Jednocześnie należy zauważyć, iż personel prowadzący dany proces technologiczny zostaje pozbawiony informacji o wielkości temperatury, co z całą pewnością ma wpływ na jakość i wielkość produkcji.

Jak znacząco można poprawić niezawodność pomiaru temperatury, udowodniła w ostatnim czasie firma PPH Energo-Silesia Sp. z o.o. W wyniku współpracy ze służbami technicznymi Zakładu Wapienniczego Lhoist SA, zakład produkcyjny w Górażdżach, została wykonana specjalna termopara o podwyższonej odporności na warunki środowiskowe.

Jak mówi pan Bernard Pawlyta, pomiar temperatury w piecu Maerza należy do głównych parametrów uwzględnianych przez operatora w trakcie procesu wypalania wapna, dlatego ma on decydujące znaczenie w uzyskaniu produktu o wy-



Rys. 1. Podstawowe sposoby pomiaru temperatury



Rys. 2. Ekran procesowy „Piec Maerza”

sokiej jakości. Na rys. 2 zaprezentowano ekran systemu DCS, którego autorem jest wspomniany pan Bernard Pawlyta.

Ważnym, ale i kłopotliwym punktem pomiarowym jest temperatura wewnątrz pieca. Czujnik w tym miejscu jest narażony na działania wysokiej temperatury rzędu 1100°C. Dodatkowo występuje tam wyjątkowo agresywne środowisko:

- żrące związki wapna;
- udary mechaniczne;
- obmywanie czujnika przez rozgrzane zapyłone gazy powodujące ścieranie osłony zewnętrznej termopary;
- wiele innych agresywnych substancji.

Dotychczasowo w tym punkcie pomiarowym, zgodnie z dokumentacją pieca, stosowano termoparę typu N w podwójnej osłonie (na zewnątrz stal żaroodporna, wewnątrz osłona ceramiczna). Dodatkowo termopara w celu zabezpieczenia przed udarami mechanicznymi była umieszczana w otwartej osłonie, całość była mocowana do czopu i umieszczana we wzierniku. Takie rozwiązanie wydawało się być bardzo solidnym, ale średni czas życia czujnika z uwagi na wymienione warunki wynosił około 3 tygodni. Widok czujnika wraz z czopem przedstawiono na rys. 3.

W trakcie analizy warunków panujących w opisywanym miejscu pomiarowym stwierdzono, iż osłona ceramiczna w żaden sposób nie przedłuża żywotności czujnika. W efekcie uderzeń mechanicznych powstawały w niej mikropęknięcia,

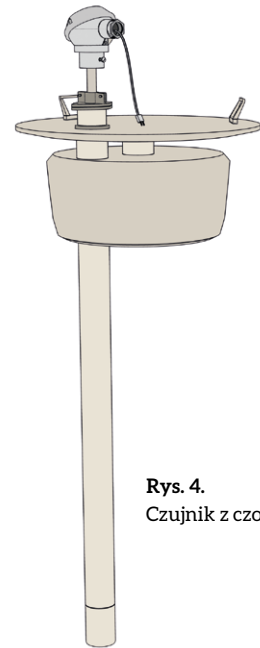
przez które przedostają się agresywne gazy i powodują szybką degradację wkładu pomiarowego. Nie sprawdzały się również osłony metalowe ze wspawianym tzw. denkiem, gdzie słabym punktem okazywał się właśnie sposób łączenia materiałów. Dalsze badania i doświadczenia przeprowadzono w siedzibie firmy Energo-Silesia, w trakcie których szczególną uwagę zwrócono na skład chemiczny atmosfery panującej w miejscu pomiaru. Prace te pozwoliły upewnić się, iż jest możliwe zastosowanie takiego materiału osłony, jak i wykonanie jej z jednego kawałka metalu o odpowiednio pogrubionej ściance tak, aby maksymalnie wydłużyć jej żywotność. Na etapie produkcji osłona została poddana kąpielii poprawiającej jej parametry, ze szczególnym uwzględnieniem trwałości. Szkic czopa i zabudowanego w nim czujnika przedstawiono na rys. 4. Wszystkie założenia teoretyczne zostały zweryfikowane na obiekcie, dla którego termopara ta została zaprojektowana.

Osłona nowego czujnika po wstawieniu do czopu została częściowo zalana zaprawą szamotową. W części zewnętrznej wykonano specjalne przyłącze zabezpieczające przed dostawaniem się pyłów do środka osłony, co pozwoli na ewentualną wymianę wkładu pomiarowego.

Tak wykonany czujnik przetestowano na obiekcie, jego czas pracy przekroczył 40 tygodni, więc zdecydowanie więcej niż dotychczasowe rozwiązania innych



Rys. 3. Pomiar temperatury wewnątrz pieca



Rys. 4. Czujnik z czopem

producentów (dotychczas średni czas pracy wynosił 3 tygodnie). Równocześnie czas reakcji termopary i dokładność pomiaru są bardzo zadowalające.

Wnioski

Zastosowanie odpowiednich materiałów, ich właściwy dobór, jak i solidna praca inżynierska pozwalają niejednokrotnie na znaczące udoskonalenie dotychczasowych rozwiązań.

Przedstawione rozwiązanie pozwoliło na znaczne ograniczenie kosztów, gdyż nowy czujnik jest tylko trzykrotnie droższy od dotychczasowych, natomiast każdorazowa wymiana oprócz czujnika wymagała jego wycięcia, wstawiania oraz wykonania zaprawy szamotowej, co było kłopotliwe, a na czas tych prac obsługa prowadząca proces wypału była pozbawiona bardzo istotnego pomiaru.

Lech Borowik – Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny
Rajmund Włodarz, Damian Włodarz – PPH Energo-Silesia