

Tomasz SNOBKIEWICZ<sup>1</sup>  
Krzysztof SMYKSY<sup>2</sup>

## **CHARAKTERYSTYKA MIKROPROCESOROWEGO PRZYRZĄDU DO POMIARU TWARDOŚCI POWIERZCHNIOWEJ FORM ODLEWNICZYCH**

### **1. WSTĘP**

Nowoczesne zautomatyzowane systemy wykonywania form odlewniczych umożliwiają otrzymanie form o bardzo dobrych parametrach technologicznych. W procesie ich wytwarzania występują jednak zawsze zakłócenia procesu technologicznego, zmiany asortymentu produkcji oraz szereg czynników dodatkowych wymuszających prowadzenie bieżącej lub okresowej kontroli parametrów wykonywanych form. Obecnie znane są już systemy ciągłej kontroli oceny wybranych parametrów formy powiązane z układami sterowania pracą maszyn formierskich [1]. Znane są również metody (np. ultradźwiękowe [6]), które z powodzeniem mogą być w takich systemach wykorzystane. W okresowej ocenie parametrów form nadal najczęściej są stosowane różnego typu twardościomierze. Twardość powierzchniowa może być traktowana jako wskaźnik oceny stopnia zagęszczenia masy w formie, a także po przeprowadzeniu uzupełniających badań laboratoryjnych masy formierskiej może być podstawą oszacowania wartości innych jej parametrów [2,4]. Zaletą pomiaru twardości formy jest szybkość i prostota wykonania pomiaru, w praktyce pomiar można zaliczyć do metod nieniszczących. W artykule przedstawiono charakterystykę prototypowego, mikroprocesorowego przyrządu do pomiaru twardości powierzchniowej form.

### **2. WSPÓLCZESNE PRZYRZĄDY DO OCENY ZAGĘSZCZENIA FORMY**

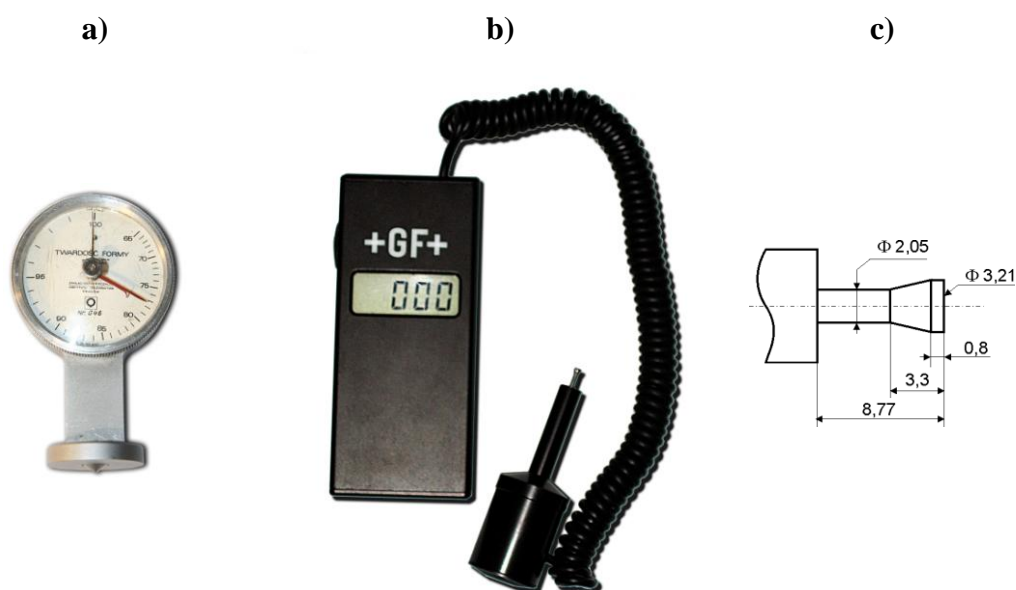
Z uwagi na wspomniane we wstępie zalety pomiaru do oceny stanu zagęszczonych form stosuje się najczęściej twardościomierze. Istnieje wiele tego typu przyrządów, podzielić je można na dwie podstawowe grupy: przyrządy mechaniczne i elektroniczne. Na rysunku 1 przedstawiono wybrane przyrządy reprezentujące powyższe grupy. W pierwszej grupie znajdują się twardościomierze przekazujące przemieszczenie węgelnika współpracującego z elementem sprężystym na wskazania miernika z użyciem skali zegarowej (najczęściej). W zależności od kształtu i wymiarów węgelnika – rys. 2, zmienia się zakres mierzonych twardości, dokładność wskazań przyrządu. W twardościomierzach stosowanych

<sup>1</sup> mgr inż. , - Katedra Tworzyw Formierskich, Technologii Formy i Odlewnictwa Metali Nieżelaznych, Wydział Odlewnictwa AGH

<sup>2</sup> dr inż. , - Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych, Wydział Odlewnictwa AGH

w odlewnictwie kształt wgłębnika określa typ twardościomierza (A, B lub C). Wynikiem pomiaru jest twardość wyrażona w jednostkach umownych. Mechaniczne przyrządy tego typu przy zmienionym kształcie wgłębnika (rys. 1c) i odpowiednio dobranej charakterystyce elementu sprężystego są również skalowane w jednostkach wytrzymałości (np. N/cm<sup>2</sup>). Przy czym zakres wartości wskazań odpowiada zakresowi wytrzymałości na ściskanie mas klasycznych [2,3].

Natomiast druga grupa to urządzenia, w których wielkość mechaniczna (np. siła) jest zamieniona na sygnał elektryczny, który po dalszym przetworzeniu jest wyświetlany (i zapamiętywany) lub wykorzystany do sterowania procesem formowania. Poszczególne rozwiązania konstrukcyjne mają podobną zasadę działania, natomiast różnią się znacznie wyglądem. Prekursorem przyrządów tego typu był przyrząd PVP firmy Georg Fisher (rys. 1b) o wyskalowany w jednostkach wytrzymałości o bardzo dużym zakresie pomiarowym – tab. 1, stosowany także do oceny stanu form (rdzeni) wykonanych z mas ze spoiwami [2,3].



Rys. 1. Widok przyrządów do oceny stanu zagęszczenia form: a) twardościomierz typu C, ZD- Instytut Odlewnictwa w Krakowie b) elektroniczny przyrząd PVP firmy Georg Fisher +GF+ (Elektronischer Formverdichtungsprüfer; c) schemat wgłębnika przyrządu PVP),

Następcą tego przyrządu był miniaturowy elektroniczny przyrząd PFP (podstawowe dane – tab. 2), oferowany kolejno przez firmę DISA, a obecnie przez firmę Simpson Technologies. Przyrząd PFP ma znacznie mniejszy w stosunku do przyrządu PVP zakres (odpowiadający w przybliżeniu wytrzymałości na ściskanie syntetycznych mas z bentonitem dla form wilgotnych). Jego zaletą, podobnie jak przyrządu PVP, jest pomiar realizowany praktycznie bez przemieszczenia wgłębnika. Przyrządy te nie mają możliwości współpracy z komputerem.

W zakresie omawianych przyrządów interesująca jest oferta firmy Simpson Gerosa obejmująca przyrządy elektroniczne do oceny stanu formy z różnymi wgłębnikami w których pomiar mechaniczny zastąpiono pomiarem elektronicznym (kształty wgłębników odpowiadają kształtom stosowanym dotychczas w przyrządach mechanicznych).

W pracy [5] zestawiono szczegółową charakterystykę oferowanych obecnie przyrządów mechanicznych i elektronicznych do oceny stanu zagęszczenia form opartą o szeroki przegląd

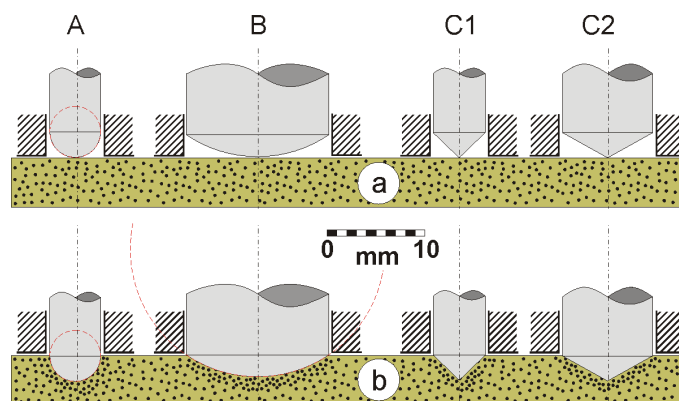
różnorodnych materiałów źródłowych.

Tab.1.  
Podstawowe parametry przyrządu PVP/ Elektronischer Formverdichtungsprüfer/[3]

Parametr	Wartość	Jednostka
Zakres pomiarowy	40 ÷ 1592	N/cm <sup>2</sup>
Liniowość	± 0,25	%
Powtarzalność	±0,1	%
Masa (z walizką)	1	kg
Wymiary	138 x 60 x 25	mm
Żywotność baterii	3000	pomiarów

Tab.2.  
Główne dane przyrządu PFP /PFP Mould Strength Tester [3]

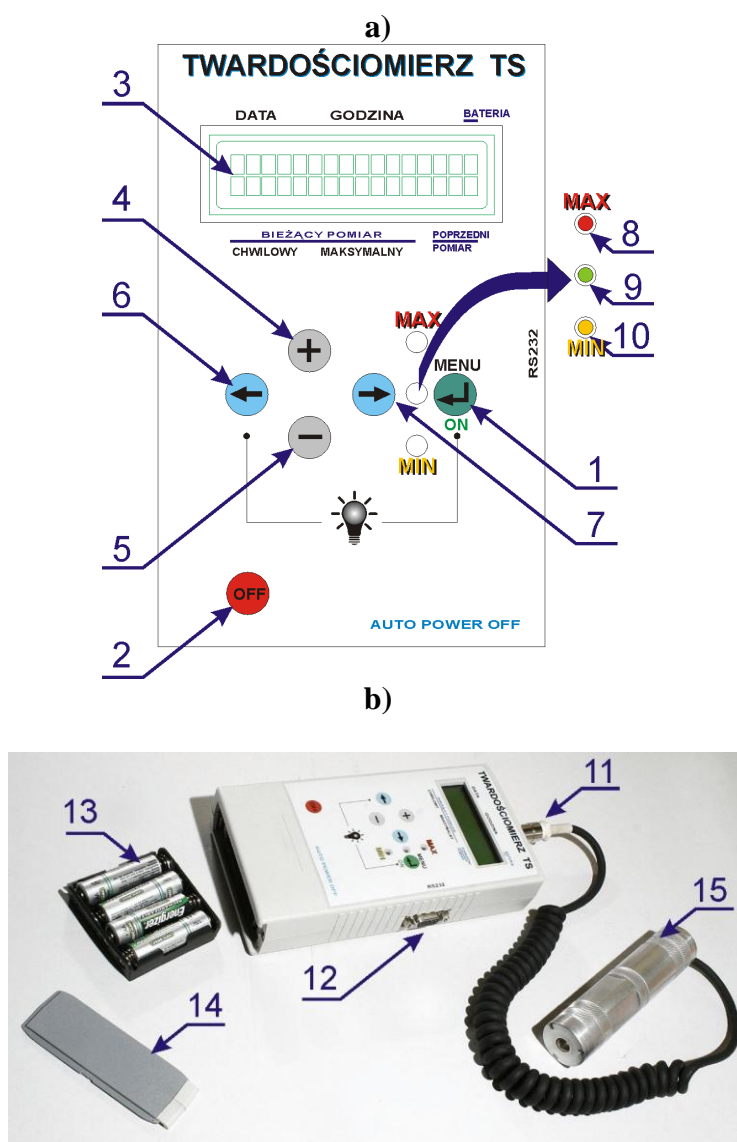
Parametr	Wartość	Jednostka
Zakres pomiarowy	0,2 ÷ 34,5	N/cm <sup>2</sup>
	0,2 ÷ 50,0	PSI
Rozdzielczość	1	N
Błąd przetwarzania	±1	cyfra
Masa	0,125	kg
Wymiary	1300 x 30 x 22	mm
Żywotność baterii	2500	pomiarów



Rys.2. Kształty wgłębników twardościomierzy i schematy położenia wgłębników względem obudowy w skrajnych położeniach:  
a – twardość 100, b – twardość poza wskazaniem przyrządu (~0)

### 3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PROTOTYPOWEGO TWARDOŚCIOMIERZA CYFROWEGO

Na etapie projektowania prototypowego przyrządu założono wymagania wstępne [5], które powinien spełniać m.in.: dokładność, powtarzalność pomiarów, odporność na warunki środowiskowe, jednoznaczne i czytelne przedstawianie wyniku pomiaru, możliwość zapamiętywania wyników pomiaru, komunikacja z komputerem, mały pobór energii. Widok prototypowego przyrządu wykonanego w ramach pracy [5] przedstawia rysunek 3.



Rys.3. Schemat płyty czołowej i widok prototypowego twardościomierza cyfrowego

Twardościomierz jest obsługiwany poprzez przyciski na płycie czołowej (rys. 3). Wyłącznikiem głównym jest przycisk Menu/Enter/On (1). Wyłączyć przyrząd można przyciskiem OFF (2). Komunikacja z użytkownikiem odbywa się za pomocą wyświetlacza LCD (3). Przyciski + (4), i - (5) służą do zmiany parametrów, podobnie w niektórych podmenu do poruszania się i zmiany parametrów są przydzielone przyciski strzałki

w lewo (6), oraz strzałki w prawo (7). Diody świecące LED (8, 9, 10) sygnalizują aktualny stan twardości. Gniazdo podłączenia sondy (11) jest umieszczone w górze obudowy. Gniazdem (12) canon 9 łączy się przyrząd z komputerem. Gniazdo baterii (13) służy do łatwej wymiany ogniw, po umieszczeniu w urządzeniu całość zamyka się pokrywą (14).

Przyrząd jest wyposażony w odłączaną sondę penetratora (rys. 3b). W obecnej chwili jest to sonda odpowiadająca twardościomierzowi typu „C”. Możliwa jest zmiana sondy – np. odpowiadającej twardościomierzowi typu A. Obudowa jednostki centralnej jest wykonana z wysokowytrzymałego tworzywa sztucznego, natomiast obudowa sondy jest metalowa i połączona ekranowanym spiralnym przewodem wzmacnianym rdzeniem z włókna sztucznego. Takie wykonanie przyrządu zapewni mu dużą wytrzymałość mechaniczną.

Głównym elementem układu elektronicznego przyrządu jest mikrokontroler firmy Atmel - Atmega 32 realizujący wszelkie zaprogramowane funkcje urządzenia. Do stworzonej magistrali I<sup>2</sup>C oprócz sondy podłączone są 2 dodatkowe układy EEPROM oraz RTC (Real Time Clock - zegar czasu rzeczywistego). Oprogramowanie dla mikrokontrolera zostało napisane w języku wysokiego poziomu. Struktura oprogramowania oparta jest na definiowanych procedurach i podprogramach uruchamianych z chwilą wystąpienia zdarzenia inicjującego. Wszystkie procedury mogą być używane w czasie normalnej pracy z udziałem wyświetlacza LCD, a także w czasie pracy poprzez port RS232C.

Wraz z upływem czasu i normalną pracą przyrządu mechaniczne elementy pomiarowe ulegają zużyciu, zmieniając swoje parametry. W związku z powyższym przewidziano dwa rodzaje kalibracji. Jedna jest dostępna dla użytkownika przyrządu. Drugi rodzaj kalibracji (serwisowy) jest przeznaczony do dokładnego odwzorowania charakterystyki. Dostęp do tej kalibracji jest ściśle ograniczony dla przeszkolonego personelu laboratorium i serwisu – wymaga podania hasła.

Zaprojektowany i zbudowany miernik jest funkcjonalny. Urządzenie spełnia założenia projektowe. Pomiar wartości jest maksymalnie uproszczony i wymaga tylko prawidłowego przyłożenia sondy do badanej powierzchni formy. W fazie budowy zostały dodane dodatkowe funkcje. Unikatową funkcją jest możliwość automatycznego przeliczania twardości na 4 różne dowolnie wybrane parametry (dla masy o znanej charakterystyce). Parametry te definiuje sam użytkownik. Wbudowane zabezpieczenia nie pozwalają przyrządowi pracować przy zbyt niskim stanie baterii – zapobiega to błędnym wskazaniom. Funkcja automatycznego wyłączenia oszczędza energię. Okno zakresu prawidłowych twardości bardzo ułatwia kontrolę formy. Można zdefiniować wartości progowe pomiaru: maksymalną i minimalną. Ich przekroczenie jest sygnalizowane diodą świecącą i alarmem dźwiękowym.

Obsługa tego miernika jest stosunkowo prosta – zapamiętanie wyników i łatwy odczyt są dużymi zaletami przyrządu. Przyrząd można łatwo wykalibrować według wskazań twardościomierza wzorcowego o wiarygodnej charakterystyce. Kalibrację przyrządu przeprowadzono na specjalnie przygotowanym stanowisku badawczym [5]. Ze względów metrologicznych przyrząd został dokładnie przetestowany. Dodatkową, korzystną cechą miernika jest jedynie osiowe obciążenie układu pomiarowego, co zwiększa dokładność pomiarów.

#### **4. PODSUMOWANIE**

Prototypowy przyrząd posiada modułową budowę, możliwe jest więc dalsze jego udoskonalenie. Dotyczy to zwłaszcza możliwości zamiany czujnika (opartego o inną metodę działania). Wybór korzystniejszego rozwiązania w tym zakresie wiąże się jednak ze zwiększeniem kosztu przyrządu. Wykonany przyrząd może pracować jako system wielofunkcyjny – po wyposażeniu go w inne sondy pomiarowe. Wartości odpowiednich pomiarów będą zapamiętywane, a identyfikacja danej sondy będzie przeprowadzana automatycznie. Przy zastosowaniu odpowiedniego czujnika możliwe jest również

wykorzystanie przyrządu do ciągłego monitorowania procesu zagęszczania (w menu serwisowym jest przewidziana możliwość bezpośredniej rejestracji wartości sygnału z przetwornika pomiarowego). Ponieważ program obsługi przyrządu jest napisany przy pomocy procedur, można go łatwo zmodyfikować i zmienić przeznaczenie urządzenia.

## **Literatura**

- [1]– Bast J. i in: Prozessgesteuerte Verdichtung von Grünsandformen. Giesserei Rundschau, t. 52, 2005, nr 5/6, s. 131 – 139.
- [2]– Fleming E., Tilch W.: Formstoffe und formverfahren. DVG Leipzig – Stuttgart 1993
- [3]– Materiały promocyjne firm: Georg Fisher +GF+, DISA Group, Simpson Technologies, Simpson Gerosa
- [4]– Praca Zbiorowa pod red. J.L. Lewandowskiego: Materiały formierskie – Laboratorium. Skrypt uczelniany nr 1008. Wydawnictwa AGH. Kraków, 1986
- [5] – Snopkiewicz T.: Projekt i wykonanie elektronicznego przyrządu do oceny zagęszczenia form odlewniczych. Praca magisterska, Wydział Odlewnictwa AGH 2009
- [6]– Zych J.: Ultradźwiękowa metoda oceny stanu formy wykonanych z wilgotnych mas klasycznych. Przegląd Odlewnictwa 3/2000 s.97-100.