

Elastyczność – nowe kryterium oceny jakości mas formierskich

A. Grabarczyk^{1*}, S.M. Dobosz², K. Major-Gabryś³, J. Jakubski⁴, J. Morek⁵

¹⁻⁴ AGH - Akademia Górniczo – Hutnicza, Wydział Odlewnictwa, Katedra Tworzyw Formierskich, Technologii Formy i Odlewnictwa Metali Nieżelaznych, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

⁵Firma MULTISERW-Morek, Marcyporęba 36, 34-114 Brzeźnica

*Kontakt korespondencyjny: e-mail: agrab@agh.edu.pl

Otrzymano 20.11.2015; zaakceptowano do druku 29.12.2015

Streszczenie

Współczesne odlewnictwo cechuje wysoki stopień automatyzacji w procesach produkcji masowej. Wspomaganie procesów zakładania rdzeni i składania form odlewniczych przez wszelkiego rodzaju manipulatory oraz roboty przyczynia się do pęknięcia form oraz rdzeni podczas montażu. Często występujące uszkodzenia rdzeni są wynikiem niskiej elastyczności mas formierskich, nawet przy wysokiej wytrzymałości rdzeni. W celu zbadania tego zjawiska opracowany został specjalny moduł pomiarowy połączony z klasycznym pomiarem skłonności mas do odkształceń w wysokich temperaturach – hot distortion.

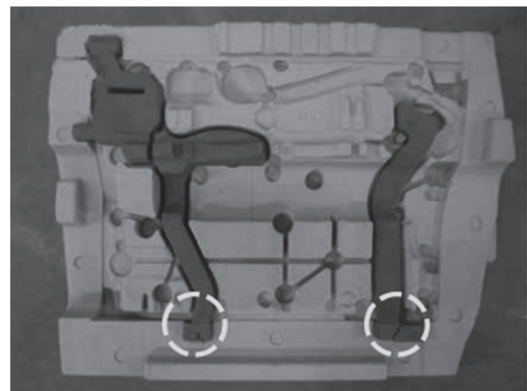
W ramach niniejszej pracy przedstawiona zostanie szczegółowo metodyka pomiaru oraz wstępne badania elastyczności i deformacji cieplnej dla syplonych mas samoutwardzalnych ze spoiwem furfurylowym oraz alkidowym o określonych składach.

Słowa kluczowe: masy formierskie, syplone masy samoutwardzalne, elastyczność, deformacja cieplna.

1. Wprowadzenie

Problem kruchości mas formierskich i rdzeniowych pojawia się w wysoce zautomatyzowanych odlewniach [1]. Manipulatory oraz roboty montujące rdzenie we wnękach form, przyczyniają się do zwiększenia ilości pękniętych rdzeni w procesie produkcyjnym. W celu zmniejszenia występowania tego zjawiska konieczne jest odpowiednie dobranie masy formierskiej/rdzeniowej pod kątem jej elastyczności.

Zjawisko to zostało przebadane przez P. Gröning, S. Schreckenberga, K. Jenrich [1] pod kątem mas stosowanych w technologii cold-box. Analizie poddano rodzaj żywicy oraz czas przedmuchiwania próbek aminą. Badania prowadzone przez wspomniany zespół przeprowadzone zostały na urządzeniu firmy JUNG Instruments GmbH. Rysunek 1 odzwierciedla umiejscowienie pęknięcia rdzenia założonego do formy przez manipulator, natomiast zdjęcie kolejne (rys. 2) przedstawia pęknięcie w powiększeniu.

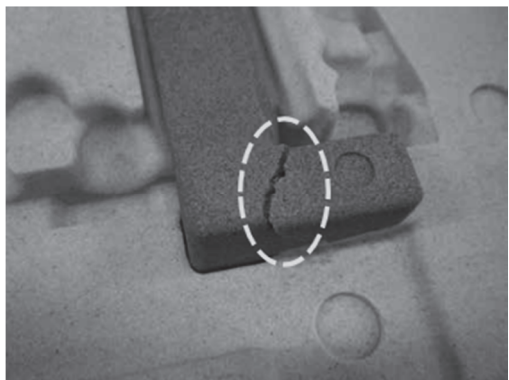


Rys. 1. Umiejscowienie pęknięcia rdzenia w formie [1]

Zagadnienie elastyczności mas formierskich pojawia się także w badaniach J. Zycha [2-3], gdzie parametr ten określany jest na

podstawie analizy zmian prędkości fali ultradźwiękowej przechodzącej przez badaną masę formierską.

Naprężenie w funkcji przemieszczenia zbadał zespół B. Hutera, J. L. Lewandowski, K. Smyksy [4], autorzy w swojej pracy nie odnoszą się do elastyczności spoiwa, a do jego kruchości. Były to jednak badania naprężenia rozciągającego w funkcji przemieszczenia względnych kształtek wiosełkowych w zależności od temperatury.



Rys. 2. Pęknięcie rdzenia w trakcie montażu [1]

2. Elastyczność

W badaniach materiałów polimerowych [5] elastyczność definiuje się jako właściwość pozwalającą na dokonanie odwracalnej zmiany kształtu pod działaniem sił zewnętrznych.

Należy także zauważyć iż z reguły nie mamy do czynienia z materiałami wykazującymi tylko jeden rodzaj odkształceń. W masach formierskich mogą występować w różnych udziałach zarówno odkształcenia sprężyste jak i plastyczne. Udziały tych odkształceń mogą zależeć od różnych parametrów np. temperatury czy prędkości odkształcania.

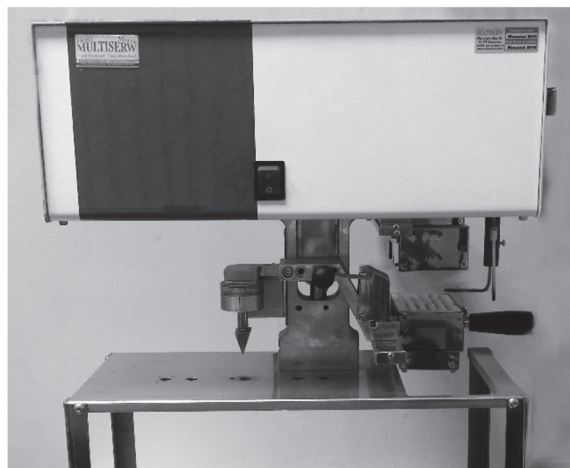
Przedmiotem prowadzonych badań jest elastyczność w rozumieniu wielkości odkształcenia się standardowej kształtki podłużnej wykonanej z badanej masy pod wpływem siły nacisku skierowanej prostopadle do jej powierzchni. Odkształcenie to mierzone jest w milimetrach aż do momentu zniszczenia badanej kształtki. W trakcie badania mamy do czynienia z szeregiem różnych odkształceń zarówno elastycznych jak i plastycznych.

3. Metodyka badawcza

Badania zostały zrealizowane na uniwersalnym urządzeniu pomiarowym LRu-DMA firmy MULTISERW-Morek (rys. 3). Badania zostały przeprowadzone w laboratorium Katedry Tworzyw Formierskich, Technologii Formy i Odlewnictwa Metali Nieżelaznych na Wydziale Odlewnictwa AGH.

Zaprezentowany aparat pozwala na wykonywanie pomiarów w dwóch trybach:

- DMA - deformacji mas pod wpływem wysokiej temperatury,
- LRu - strzałki ugięcia z rejestracją przyłożonej siły.

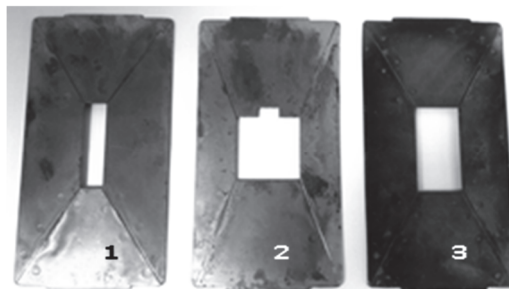


Rys. 3. Uniwersalne urządzenie pomiarowe LRu-DMA firmy MULTISERW-Morek

3.1. Pomiar deformacji cieplnej mas formierskich

Pomiary deformacji cieplej realizowane są na kształtkach prostopadłościennych o wymiarach 114x25,4x6,3 mm, pomiar wykonywany jest nieco odmiennie w stosunku do poprzedniej wersji aparatu opisanego w artykule [6].

Wprowadzonych zostało kilka zmian w systemie grzewczym przyrządu, to jest umożliwiono stabilizację temperatury wygrzewania niezależnie dla górnego oraz dolnego elementu grzewczego jaki stanowią grzałki ceramiczne o mocy 2x400 W, umożliwiono także sterowanie mocą grzewczą w zakresie od 0 do 100%, krok co 1%. Zakres temperatur grzania wynosi od temperatury pokojowej do 900 °C z krokiem co 1 °C, natomiast maksymalne odkształcenie może wynieść 10 mm. Dodatkowo istnieje możliwość zastosowania nakładek metalowych (rys. 4) ograniczających pole emisji ciepła.

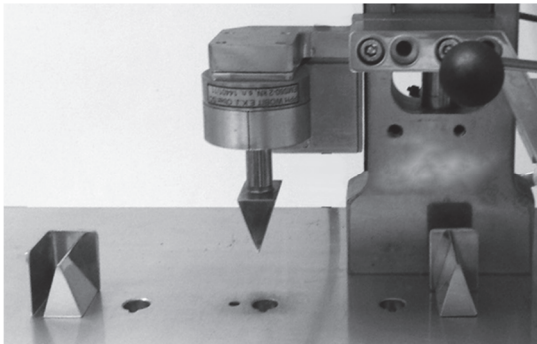


Rys. 4. Metalowe nakładki do modułu DMA

Ostatnią zmianą jest możliwość nagrzania górnego i/lub dolnego elementu grzewczego do zadanej temperatury/mocy i najechania nimi na badaną kształtkę lub tak jak w poprzednim modelu nagrzewania [6] kształtki wraz z elementami grzewczymi. Daje to możliwość analizy zmian zachodzących w odkształceniu masy zarówno w sytuacji nagłego kontaktu masy z wysoką temperaturą (kontakt z ciekłym stopem odlewniczym) oraz powolnego nagrzewania (promieniowanie ciepła od lustra ciekłego metalu).

3.2. Pomiar elastyczności mas formierskich

Oprzyrządowanie pozwala także na wykonywanie pomiarów przebiegu siły nacisku węgelnika w czasie przy jednoczesnej rejestracji jego przemieszczenia. Pozwala to na wyznaczenie wytrzymałości na zginanie R_g^u oraz strzałki ugięcia. Zakres pomiarowy wynosi od 0 do 900 N, dodatkowo istnieje możliwość regulacji prędkości poruszania się węgelnika w zakresie od 0 do 70 mm/min z krokiem co 1 mm. Wbudowana baza danych pozwala na ustalenie wymiaru kształtki dla poszczególnych rodzajów badań wytrzymałości od Rg1 do Rg9, istnieje także możliwość wprowadzenia dowolnego wymiaru badanej kształtki. W zestawie są dwa rodzaje podpór (rys.5), które mogą zostać zamocowane w dwóch rozstawach – 10 oraz 15 cm.



Rys. 5. Moduł do pomiaru elastyczności mas formierskich

4. Wyniki badań

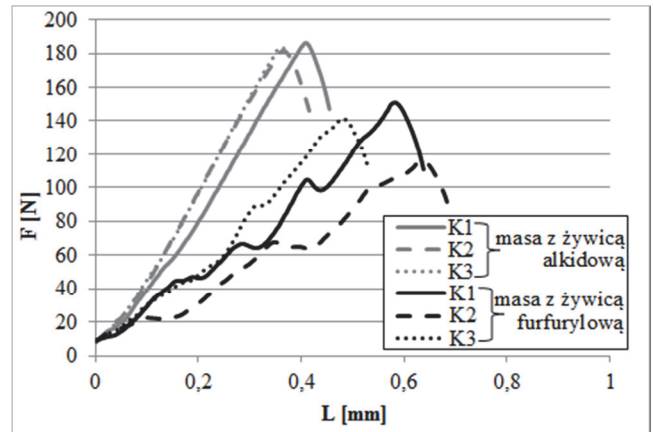
Przeprowadzone badania obejmowały syplkie masy samoutwardzalne z żywicą furfurylową (popularnie nazywane masami furanowymi) oraz masy z żywicą alkidową. Badania wykonano po 24h utwardzania. Porównano wyniki badań elastyczności (rys. 6), deformacji masy pod wpływem temperatury (rys. 7) oraz wytrzymałości na zginanie R_g^u (rys. 8). Dokładne składy badanych mas przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Składy badanych mas formierskich.

Rodzaj masy	spoiwo	utwardzacz	osnowa
ze spoiwem alkidowym	SL2002 1,0 cz. mas.	KL1 0,25 cz. mas.	piasek kwarcowy 100 cz. mas.
ze spoiwem furfurylowym	XA-20 1,1 cz. mas.	100T3 0,5 cz. mas.	piasek kwarcowy 100 cz. mas.

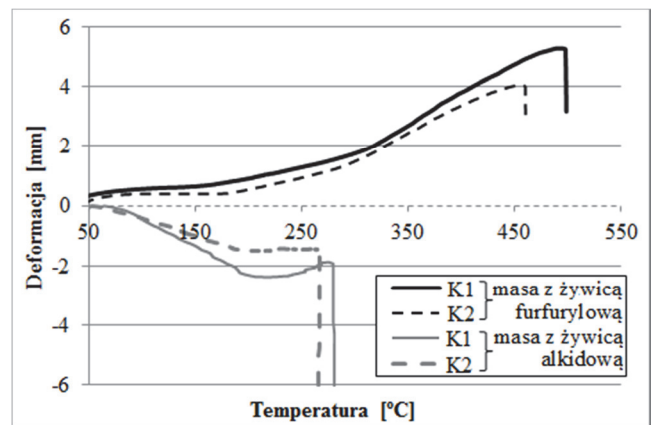
Przedstawione badania elastyczności (rys. 6) były realizowane na standardowych kształtkach podłużnych, po 24h od wykonania. Prędkość przesuwu węgelnika wynosiła 15 mm/min, zastosowano podkładki o rozstawie 15 cm. Jak można zaobserwować na wykresie (rys. 6) kształtki wykonane z masy ze spoiwem alkidowym uległy zniszczeniu pod naciskiem 178-181 N i uległy maksymalnemu odkształceniu w granicach 0,34-0,39 mm, natomiast kształtki wykonane z masy ze spoiwem furfurylowym

wytrzymały naciski tylko 115-147 N, wykazując odkształcenia rzędu 0,47-0,60 mm.



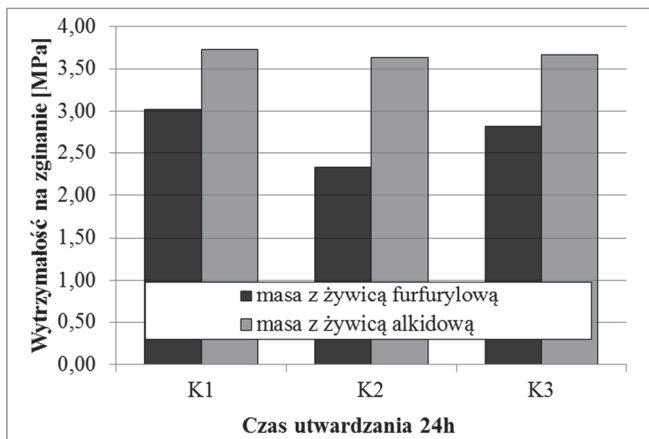
Rys. 6. Wyniki badań elastyczności masy z żywicą furfurylową i alkidową po 24h utwardzania

Badania deformacji cieplnej prowadzone były przy zastosowaniu nakładki ograniczającej promieniowanie ciepła oznaczonej nr 1 (rys. 4). W celu jak najlepszego odwzorowania warunków panujących we wnęce formy podczas zalewania pomiar przeprowadzono poprzez wsunięcie nagrzanej do 900 °C grzałki dolnej na badaną kształtkę. Rysunek 7 przedstawia wyniki pomiarów. Kształtki wykonane z masy alkidowej uległy złamaniu w temperaturze 260 °C oraz 272 °C, odkształcając się tym samym w kierunku źródła ciepła, które wyniosło odpowiednio 1,45 mm i 1,88 mm. Odwrotne odkształcenie, czyli w przeciwnym kierunku, zaobserwowano dla kształtek wykonanych z masy ze spoiwem furfurylowym. Uległy one zniszczeniu w temperaturze 167 °C i 491 °C, z odkształceniem sięgającym 4 mm i 5,3 mm.



Rys. 7. Wyniki badań deformacji cieplnej masy z żywicą furfurylową i alkidową po 24h utwardzania

Ostatnim z analizowanych parametrów była wytrzymałość na zginanie w stanie utwardzonym R_g^u badana na standardowych kształtkach podłużnych. Wyniosła ona 3,63-3,73 MPa dla mas alkidowych oraz 2,33-3,02 MPa dla mas ze spoiwem furfurylowym.



Rys. 8. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie R_g^u masy z żywicą furfurylową i alkidową po 24h utwardzania

5. Wnioski

Przedstawione w artykule wyniki badań mają charakter wstępny. Jednak już można zauważyć odmienne zachowanie się mas w zależności od rodzaju zastosowanego spoiwa.

Ze względu na nowy charakter metody badawczej konieczne jest dokładne poznanie zjawisk zachodzących w poszczególnych typach mas formierskich. Badania wymagają kontynuacji i poszerzenia zakresu uwzględnianych spoiw formierskich.

Widoczna jest jednak potrzeba poszukiwania nowych metod pomiarowych dla uzyskania masy o wysokiej jakości.

Podziękowania

Badania zrealizowano w ramach Pracy Statutowej AGH nr 11.11.170.318 zadanie 3.

Literatura

- [1] Gröning, P. & Schreckenber, S. & Jenrich, K. (2015). *Herstellung von hoch-komplexen Zylinderkurbel-gehäusen*. GIESSEREI Vol. 102, Issue 01, s.42-47.
- [2] Zych, J. (2013). *Bench Life (Work Time) of Moulding and Core Sands with Chemical Binders –a New, Ultrasound Investigation Method*. Archives of Foundry Engineering, Vol.13, Issue 4, pp.117-122. DOI 10.2478/afe-2013-0094.
- [3] Zych, J. (2007). *Behaviour of moulding sands with hydrophilic binders in dry air*. Archives of Foundry Engineering, Vol.7, Issue 4, pp.189-192.
- [4] Hutera, B. & Lewandowski, J.L. & Smyksy, K. (1999). *Wpływ temperatury na właściwości wybranych mas formierskich*. Archives of Foundry Engineering, Vol.6, Issue 20, pp.71-76.
- [5] Riande, E., Diaz-Calleja, R., Prolongo, M., Masegosa, R., Salom, C. (1999). *Polymer Viscoelasticity: Stress and Strain in Practice*. (pp.196,394). USA – New York: CRC Press.
- [6] Dobosz, S.M., Morek, J.(2003). *Aparat DMA do badania zjawisk wysokotemperaturowych w masach rdzeniowych*. In Materials Engineering VI Sympozjum Metalurgiczne. (pp. 11–14).

Elasticity - a New Quality Assessment Criterion for Moulding Sands

Abstract

Modern casting is characterized by a high degree of automation in the processes of mass production. Supporting the processes of inserting cores and composing the moulds with all kinds of manipulators and robots leads to breakage of both cores and moulds during installation. Common core damages are the result of low elasticity of the moulding sands, despite high strength resistance of the cores. In order to investigate this phenomenon a special measuring module, connected with a classical measurement of the tendency of moulding sands to deform in high temperatures-hot distortion, has been developed.

Within the framework of this paper the methods of measurement and preliminary research of elasticity and thermal deformation of self-hardening moulding sands with furfuryl and alkyd binders will be presented.