

Marcin ŚLAZYK<sup>1</sup>

## **POMIAR CIŚNIENIA W PRZESTRZENIACH MODELOWEJ FORMIERKI PODCIŚNIENIOWEJ ORAZ WERYFIKACJA METODYKI POMIAROWEJ**

### **1. WSTĘP**

Wzrastające wymagania jakościowe, ekonomiczne i środowiskowe w stosunku do technologii wytwarzania, przy coraz większej złożoności konstrukcyjnej odlewów wymuszają konieczność wprowadzania efektywnych, bardziej dokładnych i jednocześnie mniej pracochłonnych metod wytwarzania form odlewniczych [1, 2].

Z dotychczas przeprowadzonych badań własnych [4] oraz z danych literaturowych można stwierdzić, że zagęszczanie metodą podciśnieniową realizowane etapowo stwarza pewne możliwości spełnienia stawianych wymogów [3].

Formowanie podciśnieniowe jako wstępny etap zagęszczania powinno spełniać określone parametry procesu wpływające na początkowe zagęszczenie, co w konsekwencji ma także wpływ na zagęszczenie ostateczne, np. przez doprasowanie.

Jednym z parametrów wpływających na efekty zagęszczenia masy formierskiej jest wartość podciśnienia, która wywołuje przepływ powietrza przez warstwy masy oraz przez instalację podciśnieniową. Prawidłowy dobór wielkości tego podciśnienia oraz parametrów instalacji podciśnieniowej gwarantuje odpowiednie efekty zagęszczenia masy [4].

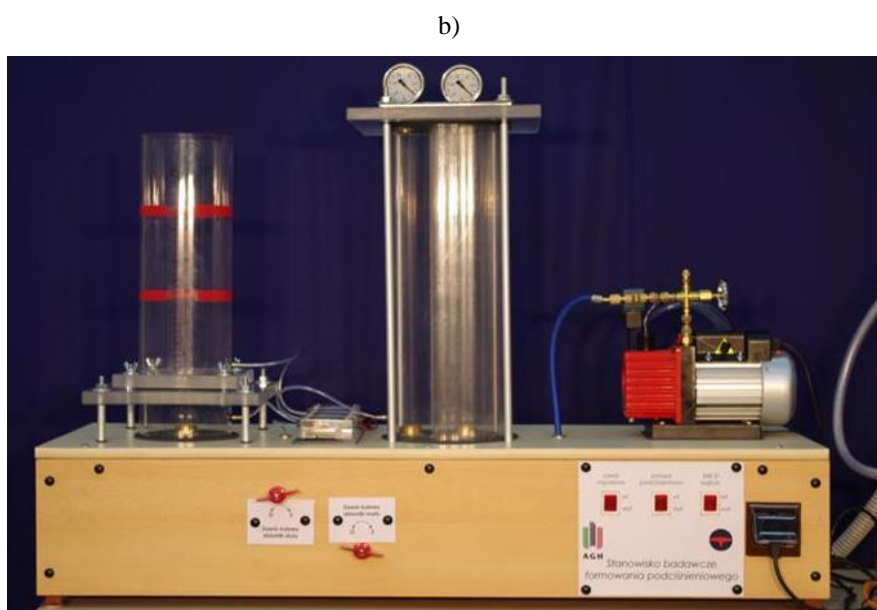
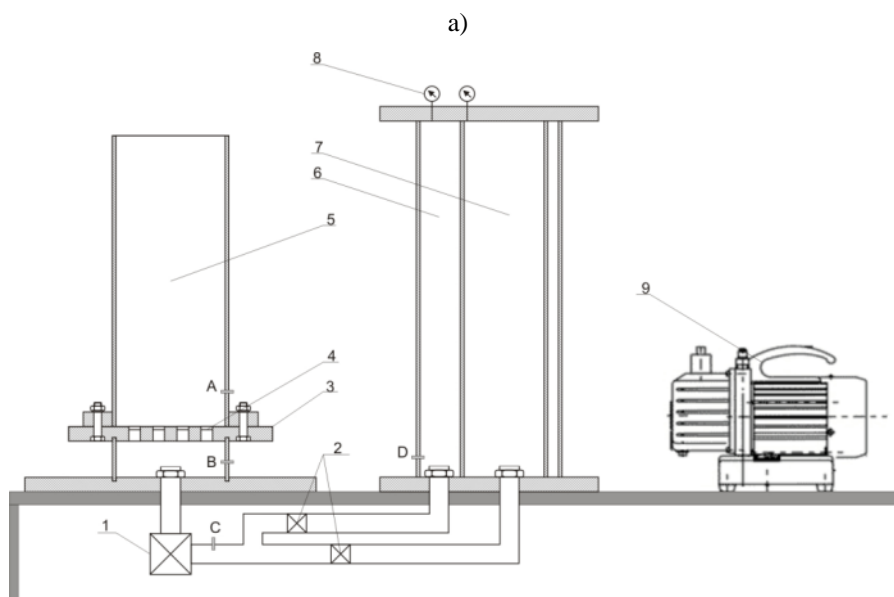
### **2. STANOWISKO BADAWCZE**

Stanowisko badawcze modelu fizycznego formierki podciśnieniowej zostało zaprojektowane i wykonane w Pracowni Mechanizacji, Automatyzacji i Projektowania Odlewni. Stanowisko to umożliwiło przeprowadzenie programu badań eksperymentalnych. Ideowy schemat modelu przedstawiono na rysunku 1a natomiast strukturę przestrzenną stanowiska na rysunku 1b.

Układ formierki składa się z dwóch wakuometrów glicerynowych, do manualnego odczytu chwilowych wartości podciśnienia panującego w zbiorniku podciśnieniowym. Wakuometry te oraz sposób ich instalacji zostały pokazane na rysunku 2.

---

<sup>1</sup> dr inż. , - Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych, Wydział Odlewnictwa AGH



Rys. 1. Układ instalacji do modelowania procesu formowania podciśnieniowego: a – schemat instalacji, b – widok modelu laboratoryjnego; 1- zawór impulsowy, 2- zawory kulowe, 3- płyta modelowa, 4- korki odpowietrzające, 5- forma z polimetakrylanu metylu (PMMA), 6- zbiornik podciśnieniowy (duży) z PMMA, 7- zbiornik podciśnieniowy (mały) z PMMA, 8- wakuometry, 9- pompa próżniowa.

Stanowisko laboratoryjne składa się z następujących układów:

- a) układ instalacji podciśnieniowej jako model fizyczny formierki
- b) układ pomiarowy
- c) układ rejestracji wyników pomiarów



Rys. 2. Wakuometry glicerynowe używane do badań.

### ***układ instalacji podciśnieniowej***

składa się z następujących elementów:

- pompa próżniowa
- zbiornik podciśnieniowy składający się z dwóch cylindrów
- instalacja rurowa
- zawór impulsowy
- płyta modelowa
- komora technologiczna (forma)

### ***układ pomiarowy***

Zainstalowany na stanowisku badawczym układ pomiarowy składał się z czterech przetworników różnicowych, podciśnieniowych MPX2100 oraz ze wzmacniacza MC33272A, służącego do wzmocnienia sygnału analogowego z przetworników. Widok zestawu pomiarowego pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Zestaw podciśnieniowych przetworników analogowych.

Przetworniki podłączono za pomocą elastycznego przewodu rurowego (rys. 4) do czterech miejsc instalacji podciśnieniowej zlokalizowanych w następujących punktach:

- 1- instalacja podciśnieniowa pod zaworem impulsowym
- 2- komora pod płytą modelową
- 3- zbiornik podciśnieniowy
- 4- komora technologiczna

Wskazane podłączenie umożliwiło rejestrację zmian ciśnienia w istotnych punktach instalacji podciśnieniowej stanowiska badawczego.



Rys. 4. Sposób podłączenia przewodów elastycznych do wybranych miejsc instalacji podciśnieniowej

### **układ rejestrujący**

Do rejestracji sygnałów analogowych zastosowano rejestrator cyfrowy na bazie mikroprocesora Atmel z częstotliwością próbkowania 300 Hz. Na podstawie wstępnej analizy wyników, iż częstotliwość ta jest wystarczająca dla rejestrowanego procesu. Rejestrator wyposażony był w szereg rozszerzeń i gniazd umożliwiających między innymi zdalne rozpoczęcie procesu rejestracji, przesyłanie danych w czasie rzeczywistym do komputera poprzez złącze RS232 oraz USB. Połączenie rejestratora z komputerem za pomocą kabla RS232 – umożliwiało korzystanie z ogólnie dostępnego oprogramowania. Układ rejestrujący przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Widok układu rejestrującego

Badania przeprowadzono zarówno dla pustej, bez masy, szczelnej przestrzeni technologicznej (etap 1) jak i przestrzeni wypełnionej masą formierską (etap 2). Pierwszy etap badań miał na celu ocenę możliwości formierki pod względem intensywności procesów przepływu oraz przykładową ocenę wpływu parametrów konstrukcyjnych na ich przebieg. Brak masy formierskiej umożliwił eliminację jej wpływu na uzyskane wyniki doświadczeń. Badania te umożliwiły wyznaczenie dynamiki zmian ciśnienia w czasie, wpływu wielkości podciśnienia oraz wielkości komory technologicznej, z czym wiąże się również wielkość odpowietrzeń płyty modelowej. Etap drugi badań, z wykorzystaniem masy formierskiej, miał na celu wykazanie wpływu masy formierskiej na zmianę parametrów przepływu powietrza w instalacji podciśnieniowej.

### 3. ZAŁOŻENIA METODYKI POMIARU CIŚNIENIA

Budowa stanowiska badawczego umożliwiła prowadzenie badań w szerokim zakresie z uwzględnieniem wpływu na procesy zachodzące w instalacji formierki podciśnieniowej takich parametrów jak: objętość zbiorników podciśnieniowych, wielkość podciśnienia panującego w instalacji oraz ilość odpowietrzeń itp. W związku dużą ilością kombinacji w konstrukcji elementów maszyny konieczne było stworzenie metodyki pomiarów – dającej pewność powtarzalności warunków [4].

Stanowisko badawcze wyposażone było w dwie formy wykonane z rur PMMA, umożliwiało to między innymi określenie wpływu ilości masy formierskiej na przepływ powietrza zarówno przez masę jak i instalacje podciśnieniową.

Aby możliwe było porównanie uzyskanych wyników, konieczne było zachowanie takich samych warunków początkowych zarówno dla eksperymentu bez masy formierskiej jak również dla badań z jej wykorzystaniem.

Pomiar przebiegał według następującego schematu:

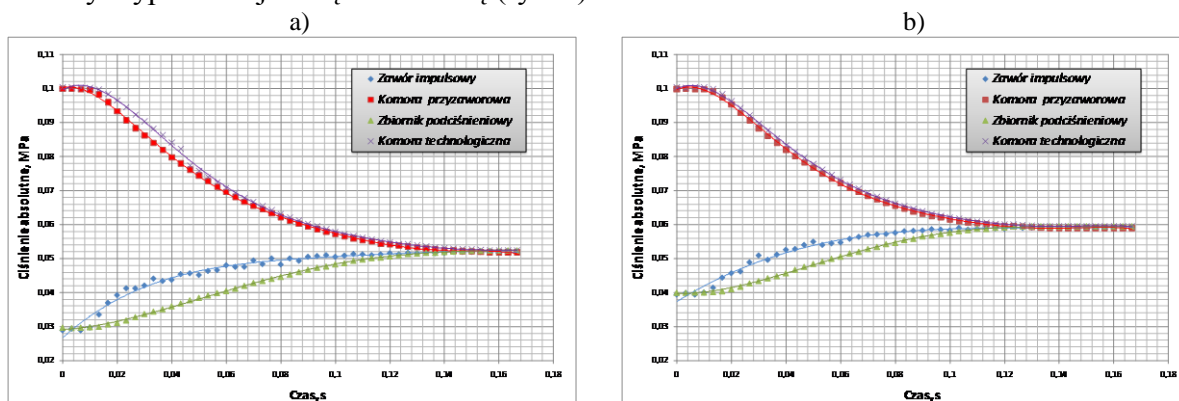
- zastosowanie stałej objętości komory próżniowej
- zastosowanie stałej objętości komory technologicznej w pierwszym etapie bez masy
- stała wysokość masy formierskiej w formie w drugim etapie badań
- objętość zajmowana przez masę była równa objętości komory bez masy
- każdorazowe spalanie masy w celu uzyskania takiej samej wartości gęstości usypowej
- stała wilgotność masy

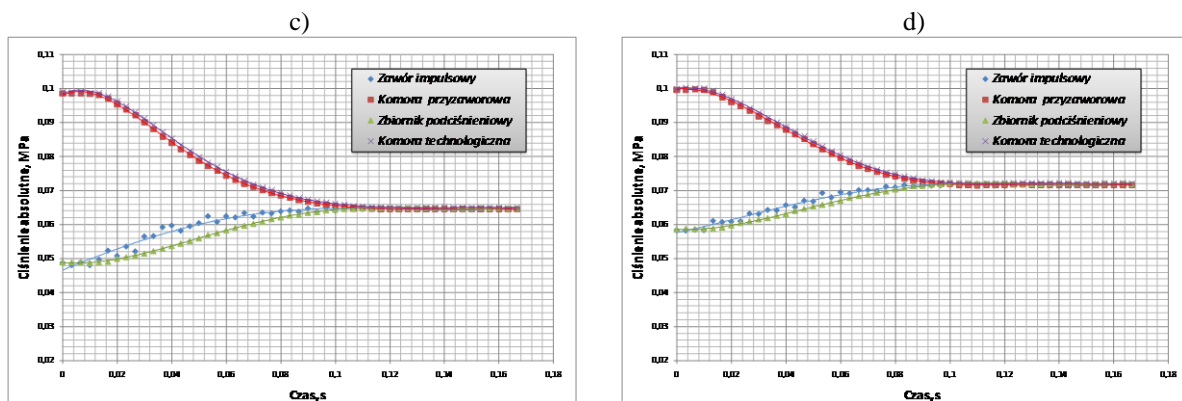
Działania w ramach przyjętego schematu przebiegały następująco:

1. Włączenie pompy próżniowej z równoczesną obserwacją manualnych wakuometrów glicerynowych
2. Początek rejestracji danych napływających z przetworników podciśnieniowych
3. Włączenie elektrozaworu impulsowego umożliwiającego szybkie połączenie instalacji podciśnieniowej z komorą technologiczną
4. Koniec rejestracji – odpowiadał wyłączeniu formierki.
5. Przesłanie danych do komputera.
6. Cyfrowa analiza danych
7. Graficzne ujęcie zmian ciśnienia w instalacji formierki

### 4. PRZYKŁADOWE WYNIKI BADAŃ ORAZ ICH WERYFIKACJA.

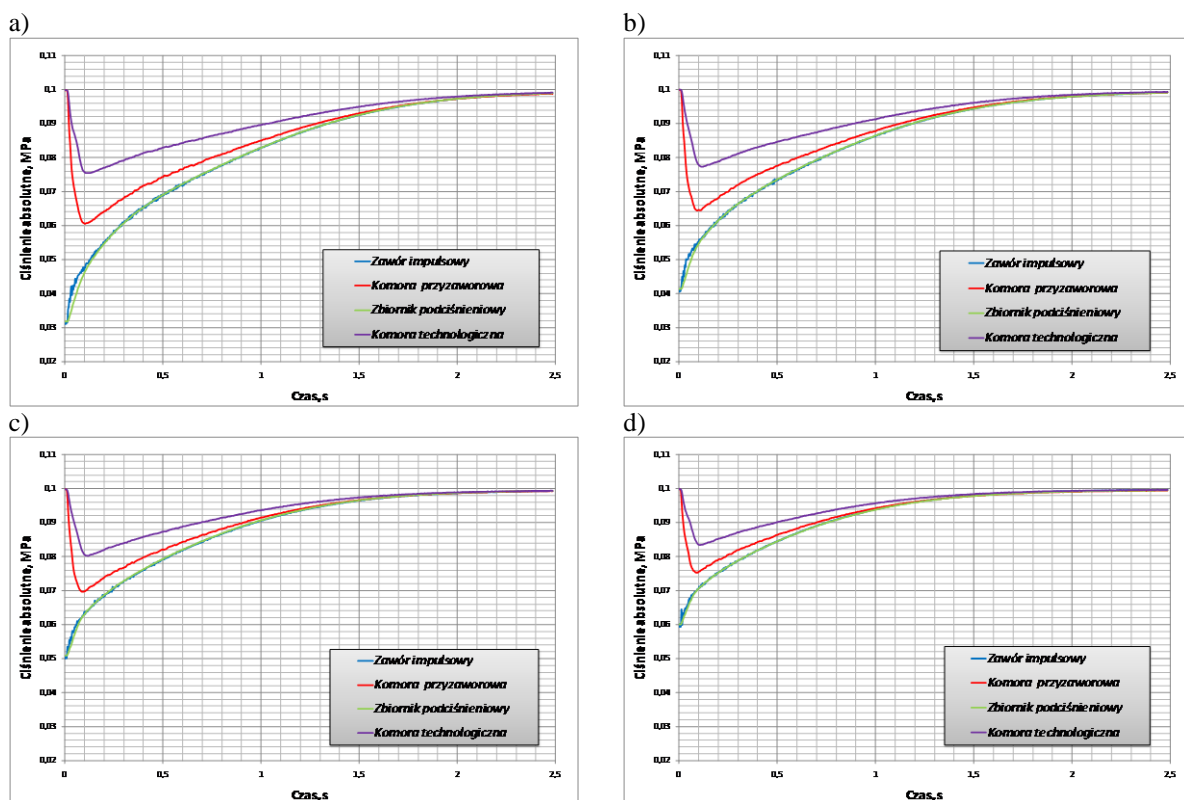
W wyniku rejestracji zmian ciśnienia w technologicznie uzasadnionych miejscach instalacji podciśnieniowej uzyskano wyniki na podstawie których sporządzono wykresy obrazujące dynamikę zmian ciśnienia dla pustej komory technologicznej (rys. 4) oraz dla komory wypełnionej masą formierską (rys. 6).





Rys. 6. Dynamika zmian ciśnienia w poszczególnych miejscach instalacji podciśnieniowej dla pustej komory technologicznej. Ciśnienie początkowe: a) 0,03 MPa, b) 0,04MPa, c) 0,05 MPa, d) 0,06 MPa

Na wykresach ukazujących przebieg zmian ciśnienia w czasie, dla pustej komory technologicznej, oś czasu została skrócona do momentu zaniku gradientu ciśnienia pomiędzy poszczególnymi miejscami instalacji podciśnieniowej. Umożliwiło to pokazanie różnic w pomiarach w instalacji pod zaworem impulsowym, a danymi pochodzącymi ze zbiornika podciśnieniowego. Dzięki temu możliwe jest wykazanie wpływu wielkości przekroju instalacji rurowej na zaburzenia przepływu powietrza w tejże instalacji. W przypadku danych zarejestrowanych z użyciem masy formierskiej (rys. 5), wpływ masy na przepływ powietrza w instalacji był tak znaczący, że na wykresie ujęto czas trwania całego procesu przepływu powietrza.



Rys. 5. Dynamika zmian ciśnienia w poszczególnych miejscach instalacji podciśnieniowej dla komory technologicznej wypełnionej masą formierską. Ciśnienie początkowe: a) 0,03 MPa, b) 0,04MPa, c) 0,05 MPa, d) 0,06 MPa

## 5. ANALIZA PARAMETRÓW PROCESU FORMOWANIA PODCIŚNIENIOWEGO.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wartość podciśnienia odpowiadająca dobrym efektom zagęszczenia wynosi około 0,03 MPa. Charakter zmian widocznych na wykresach wskazuje, że obniżanie podciśnienia poniżej tej wartości nie ma uzasadnienia tak pod względem technologicznym jak i ekonomicznym. Analizując otrzymane wyniki można również stwierdzić, że zmiana wielkości podciśnienia wpływa bezpośrednio na dynamikę zmniejszania ciśnienia w przestrzeni pod płytą modelową.

Badania wykazały wpływ bardzo ważnego parametru jakim jest przekrój instalacji podciśnieniowej na przebieg ciśnienia powietrza w czasie trwania procesu. W warunkach przemysłowych, kiedy w komorze technologicznej znajduje się masa, która „przysłania” kanały odpowietrzające wpływ ten nie jest już tak wyraźny – wykazały to badania przeprowadzone na stanowisku laboratoryjnym z użyciem masy formierskiej. W związku z tym, dopiero przeprowadzenie badań bez użycia masy formierskiej pokazało jak ważny jest to parametr. Za mały przekrój instalacji prowadzić będzie do osłabienia dynamiki całego procesu, a przez to w końcowym efekcie do słabszego zagęszczenia masy formierskiej. Poza zależnością świadcząca o stosunku przekroju kanałów odpowietrzających do powierzchni zaworu należy uwzględnić rozłożenie korków względem obrzeża modelu i formy. W tym przypadku należy się kierować zasadą kierunkowego przepływu masy (zagęszczenia masy) w przestrzeni pomiędzy modelem, a ścianami formy. W ten sposób dąży się do wyeliminowania przestrzeni, w których nie następuje przepływ masy, co w konsekwencji prowadziło do jej niezagęszczenia.

## 6. WNIOSKI.

Uzyskane efekty badań pozwalają ocenić pozytywnie wykorzystanie metody podciśnieniowej do wstępnego zagęszczania lub jako procesu wspomagającego w kombinowanych metodach formowania. Dotyczy to szczególnie formowania przy stosowaniu trudnych technologicznie modeli, o dużej smukłości i cienkościenności. Zastosowana technika badawcza pozwala na wyjaśnienie mechanizmu procesu zagęszczania w powiązaniu z parametrami maszyny formierskiej. Dzięki stworzeniu metodyki pomiaru zmian ciśnienia w badanym procesie oraz jej weryfikacji, wyniki badań mogą posłużyć do prawidłowego doboru parametrów instalacji podciśnieniowej, takich jak wielkość odpowietrzeń płyty modelowej, przekrój instalacji rurowej oraz pojemność zbiornika podciśnieniowego. Możliwa będzie również optymalizacja procesu formowania poprzez dobór takich parametrów procesu jak czas jego trwania czy też wymagana wartość podciśnienia [4]. Analiza uzyskanych wyników umożliwiła jakościową i ilościową ocenę wpływu zmian określonych parametrów konstrukcyjnych na przebieg procesów przepływu powietrza w przestrzeniach maszyny, a tym samym umożliwiła prognozowanie efektów zagęszczania.

## LITERATURA

- [1] Smyksy K., Ślęzyk M.: *Analiza aktualnego stanu techniki próżniowej. Wybrane aspekty zastosowania w urządzeniach odlewniczych*. VII Konferencja TECHNICAL'04. Nowa Sól.
- [2] Ślęzyk M.: *Badanie wybranych aspektów procesu formowania podciśnieniowego*. III Międzynarodowa Konferencja „Tendencje rozwojowe w mechanizacji procesów odlewniczych”. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, Vol. 24, numer 3 specjalny. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2004
- [3] Ślęzyk M., Smyksy K.: *Analysis of basic phenomena occurring in the vacuum-assisted moulding process*. IV Międzynarodowa Konferencja „Tendencje rozwojowe w mechanizacji procesów odlewniczych”. Archives of Metallurgy and Materials, Vol. 52, 3/2007, Kraków, str.453-465

[4] Ślęzyk M.: *Analiza i modelowanie systemu formowania podciśnieniowego*. Rozprawa Doktorska AGH, 2009

*Opracowano w ramach pracy nr 10.10.170.219*