

# Błędy kształtu, porowatość wewnętrzna, dokładność wymiarów liniowych staliwnych odlewów precyzyjnych w aspekcie ekologii ich wytwarzania

J. Tomasiak<sup>a\*</sup>, M. Sieczka<sup>b</sup>, R. Haratym<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Politechnika Warszawska, Instytut Metrologii i Inżynierii Biomedycznej, Św. A. Boboli 8, 02-525 Warszawa

<sup>b</sup> Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania, Wawelska 14, 02-061 Warszawa

\*Kontakt korespondencyjny: e-mail: j.tomasik@mchtr.pw.edu.pl

Otrzymano 16.04.2012; zaakceptowano do druku 02.07.2012

## Streszczenie

Dokonano kompleksowej oceny jakości odlewów precyzyjnych przez badanie warstwy wierzchniej, ocenę błędów kształtu, dokładności wymiarów liniowych. Badania wykonano w oparciu o nowoczesną aparaturę, między innymi zastosowano maszynę pomiarową Zeiss Calypro.

Otrzymane wyniki badań pozwolą na zastosowanie optymalnej technologii wytwarzania odlewów w procesie wytapianych modeli w aspekcie ekologii.

**Słowa kluczowe:** ochrona środowiska, odlew precyzyjny, błędy kształtu, dokładność wymiarowa.

## 1. Wprowadzenie

Odlewnictwo precyzyjne, metoda wytapianych modeli jest ważnym działem technologii odlewniczej. Ilość odlewów wytwarzanych w kraju wynosi w ciągu roku około 800 Mg o wartości ponad 20 milionów Euro. Produkcja średnioseryjna i wielkoseryjna wynosi przeciętnie około 15 ÷ 25 % wszystkich odlewów i często związana jest z ustaleniem prawidłowych, minimalnych naddatków na obróbkę skrawaniem tak, aby w minimalnym stopniu zdjąć warstwę wierzchnią i podpowierzchniową. Mają one dużo lepsze właściwości i rzutują w znacznym stopniu na czas życia wyrobu podczas eksploatacji.

Obecne normy, które przewidują klasę dokładności 6 – 7 CT według PN-ISO-8062 wielkość naddatków na obróbkę skrawaniem opierają się głównie na zależności między dokładnością odlewu i jego wymiarem nominalnym. Na wielkość tych naddatków często wpływa również nieodpowiednie zasilanie

odlewów, głównie staliwnych. Należy przy wyborze odpowiednich zasilaczy oprzeć się na publikacjach [1-3]. Nieprawidłowo określone wielkości naddatków na obróbkę skrawaniem powodują wzrost braków odlewów szacunkowo o ponad 2 %.

Ustalenie zbyt dużych naddatków na obróbkę powoduje skrócenie życia wyrobu z uwagi na usunięcie warstw wierzchniej i podpowierzchniowej wynoszących około 0,5 do 0,6 mm, przy grubości odlewu 5 do 15 mm.

Powoduje to znaczne zwiększenie energochłonności globalnej ilości wytwarzanych wyrobów i negatywnie wpływa na środowisko, gdyż wzrost energochłonności o 1 kWh to około 9,2 MJ [4]. Wytwarzanie w energetyce 1 kWh powoduje emisję około 700 g CO<sub>2</sub> oraz około 5 g SO<sub>2</sub> i około 4 g NO<sub>x</sub> [5].

Jednocześnie, na podstawie obserwacji pracy odlewni precyzyjnych w kraju, można zauważyć, że na wlew główny (WG) stosuje się mieszanki na bazie parafiny i stearyny o niewielkiej wytrzymałości, co powoduje, że wymiary WG są zawyżone. Przykładowo, obniżenie wielkości WG z  $\phi 36$  mm do

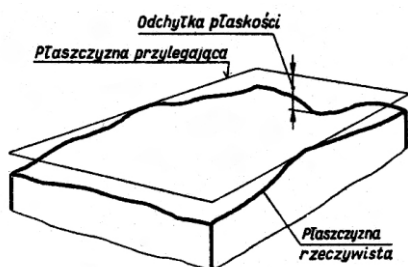
φ33 mm daje znaczny efekt ekologiczny i nie prowadzi do powstania braków z tytułu zasilania.

## 2. Ocena błędów kształtu odlewów

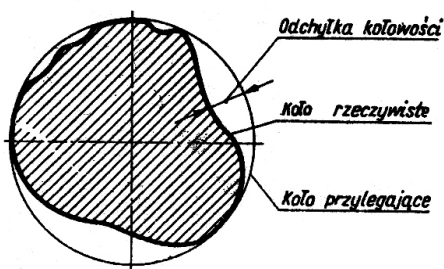
Do oceny wytypowano sześć najczęściej spotykanych błędów kształtu – rys. 1 do 6. Błędy, takie jak odchyłka płaskości (w dużym stopniu związana z wadą typu obciążenie) – rys. 1 i błąd kołowości – rys. 3 przedstawiono w publikacji [1], w oparciu o dane amerykańskie oraz pomiary na odlewach ze stali węglowych, wykonanych w odlewniach krajowych. Do wymienionych danych doszły pomiary związane z odlewami ze stali stopowych, które znacznie przewyższają mierzone wcześniej odlewy pod względem kształtu, masy i wielkości.



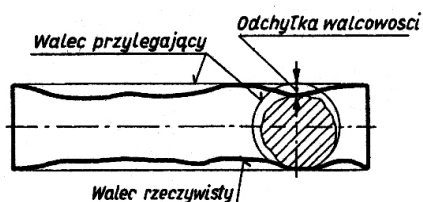
Rys. 1. Odchyłka prostoliniowości



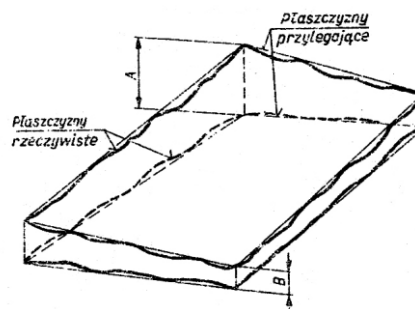
Rys. 2. Odchyłka płaskości



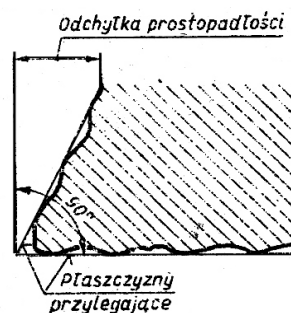
Rys. 3. Odchyłka kołowości



Rys. 4. Odchyłka walcowości



Rys. 5. Równoległość płaszczyzn



Rys. 6. Odchyłka prostopadłości

Na rys. 7 i 8 przedstawiono wybrane przykłady mierzonych odlewów. Odlewy mierzono posługując się nowoczesną aparaturą. Ocena błędu płaskości prowadzono opierając się o pomiary na maszynie pomiarowej ZEISS Calypso. Na rys. 9 pokazano przykładowy wynik pomiarów, który dotyczył odlewów z rys. 7 i rys. 8.

Na podstawie pomiarów uzyskano dla całej grupy mierzonych odlewów następujące dane:

1. Błędy płaskości,  $\Delta p = 0,06 \div 0,08$  mm oraz
2.  $\Delta p' = 0,11 \div 0,15$  mm,
3. Błędy kołowości,  $\Delta k = 0,05 + 0,0035 \cdot L_{nom}$ , mm oraz
4.  $\Delta k = 0,07 + 0,0012 \cdot L_{nom}$ , mm,

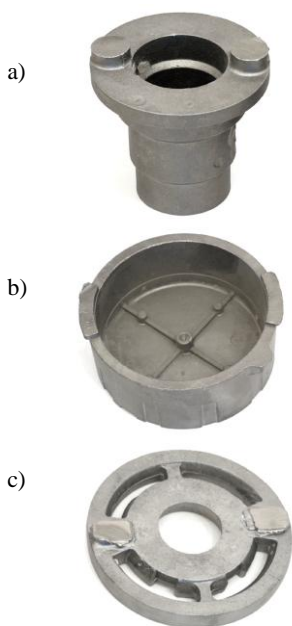
gdzie:

- a)  $L_{nom}$  – nominalny wymiar odlewu;
- b) błąd płaskości  $\Delta p$  dotyczy odlewów cienkościennych o mało zróżnicowanych grubościach ścianek i powierzchni płaskiej w odlewie poniżej 80 cm<sup>2</sup>;
- c) błąd płaskości  $\Delta p'$  dotyczy odlewów o grubościach ścianek między 10 i 20 mm i powierzchni powyżej 80 cm<sup>2</sup>.

Pomiary odlewu (rys. 7b) na maszynie pomiarowej przedstawiają wartość  $\Delta p = 0,15$  do 0,30 mm. Pomiary wykazały nieprawidłową konstrukcję odlewu, gdyż żebra pokazane na rys. 8b powodują większe obciążenia, a ich wielkość jest wynikiem nieprawidłowej konstrukcji połączenia żeber. Niezgodne z ogólnymi zasadami [2] jest łączenie czterech żeber w jednym miejscu o zawyżonej grubości ~ 3 mm, przy grubości denka odlewu (na którym są umieszczone) wynoszącej około 3 mm.



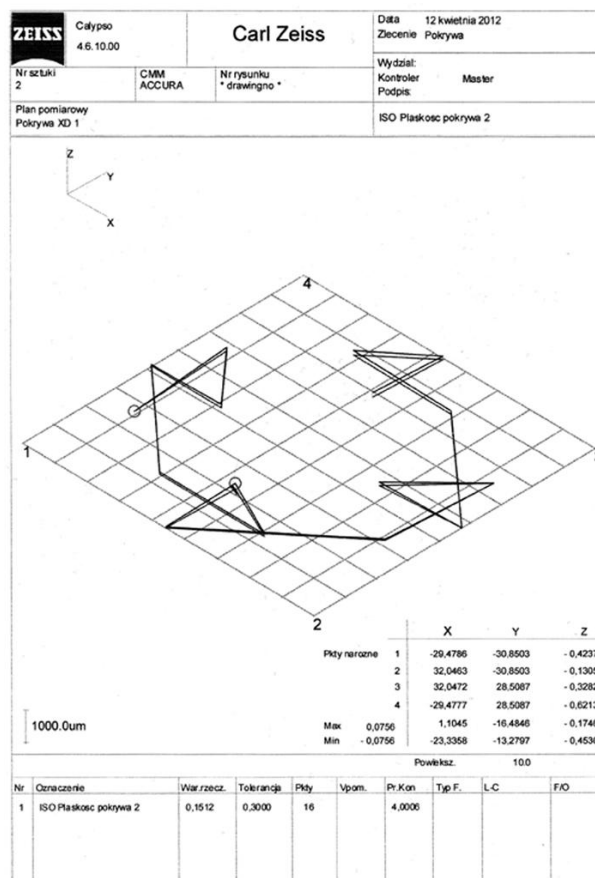
Rys. 7. Odlewy badane w aspekcie błędów kształtu: kołowości i płaskości



Rys. 8. Odlewy badane w aspekcie błędów kształtu (z rys. 7) – widok na zasilacze

### 3. Ocena naddatków na obróbkę

Ogólna wartość naddatków na obróbkę skrawaniem jest sumą połowy tolerancji wykonania odlewu o określonej wielkości błędów kształtu oraz błędu związanego z ustaleniem bazy obróbkowej. Niektórzy badacze zwracają uwagę na wady powierzchniowe i chropowatość powierzchni odlewu.



Rys. 9. Metodyka badań błędów płaskości na przykładzie odlewu pokrywy (z rys. 7b)

Odlewy precyzyjne wytwarzane metodą wytapianych modeli praktycznie nie powinny mieć wad powierzchniowych z uwagi na gładką i jałową powierzchnię formy ceramicznej. Ponadto chropowatość powierzchni jest niewielka - dla odlewów przedstawionych na rys. 7 i 8 parametr chropowatości  $R_a$  wynosi od 2,73  $\mu\text{m}$  do 4,53  $\mu\text{m}$ .

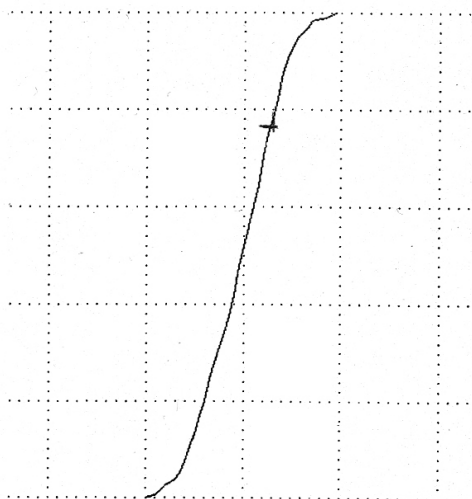
Tolerancja wykonania odlewów przedstawiona z badań jako  $\Delta L_{6\sigma}$  wynosi  $\Delta L_{6\sigma} = 0,09 + 0,0085 \cdot L_{\text{nom}}$  [mm], gdzie wartość 0,09 jest związana z dokładnością oprzyrządowania służącego do wykonania modeli wytapianych.

Dla wyrobów (odlewów precyzyjnych) pracujących przykładowo na ścieranie należy zwrócić uwagę, że powierzchnia odlewów nieobrabiwana ma wartość parametru nośności dla  $tp_{50}$  (50 %  $R_{\text{max}}$ ) wynoszącą  $tp_{50} = 74, 6$  % i zbliżoną do  $tp_{50} = 73$  % otrzymaną po szlifowaniu (rys. 10) [6].

Ogólnie przyjęto, że duża wartość  $tp_{50}$  pozwala podczas eksploatacji lepiej pracować danej powierzchni narażonej na tarcie lub korozję.

FEINPRUEF PERTHEN  
GMBH  
D-37008 GOETTINGEN  
PERTHOMETER S3P

R MATERIAL RATIO POS  
LC GS 0.800 MM  
VER 10.00 YM  
HOR 20 %



Rys. 10. Nośność powierzchni  $tp_{50}$  dla odlewu z rys. 7b

#### 4. Podsumowanie

Należy w miarę możliwości bardzo starannie dobierać wartość naddatków na obróbkę, aby nie przekraczały wielkości warstwy wierzchniej i podpowierzchniowej w sumie około 0,3 mm do 0,4 mm.

Gdy jest to możliwe, należy unikać stosowania naddatków, gdyż powierzchnia, dla której nie była stosowana obróbka skrawaniem, z uwagi na specjalne właściwości warstwy wierzchniej i wysoką wartość  $tp_{50}$  może sprawić, że wyrób będzie pracował w warunkach eksploatacji dwukrotnie dłużej.

Ponadto zastosowanie na wlewy główne (w zestawach modelowych) mieszanek bardziej wytrzymałych niż dotychczas stosowane na bazie parafiny i stearyny, może dać znaczny efekt ekologiczny w postaci obniżenia energochłonności w skali globalnej (krajowej).

#### Literatura

- [1] Haratym, R., Biernacki, R. & Myska D. (2008). Ecological investment casting in ceramic dies, Warsaw University of Technology, Publishing House, Warsaw (in Polish).
- [2] Perzyk, M., Waszkiewicz, S., Kaczorowski, M. & Jopkiewicz, A. (2004). *Odlewnictwo*, WNT, Warszawa.
- [3] Telejko, I. Chojecki, A. (2001). Zasięg zasilania w odlewach staliwnych, *Acta Metallurgica Slovaca* 7.
- [4] Praca zbiorowa, *Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2006, 2007*, GUS, Warszawa (2008).
- [5] Lewandowski, W.M. (2002). Proekologiczne źródła energii odnawialnej, WNT.
- [6] Tomasik, J. & Haratym, R. (2002). Nośność powierzchni odlewów precyzyjnych a wymagania ekologii, *Acta Metallurgica Slovaca* 8.

## Shape errors, internal porosity, linear dimensional accuracy of precision steel castings in terms of their environmentally friendly production

### Abstract

Comprehensive assessment of precision castings quality was done by investigation of surface layer, shape errors, and accuracy of linear dimensions. The study was performed on modern apparatus, among other uses measuring machine Zeiss Calypso.

The obtained results will allow usage of optimal lost wax casting process in environmentally friendly cast production.