

Teoretyczna i eksperymentalna analiza modalna hybrydowego łoża obrabiarki

Theoretical and experimental modal analysis of hybrid machine tool bed

NORBERT KĘPCZAK
WITOLD PAWŁOWSKI*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.254

Artykuł przedstawia teoretyczną i eksperymentalną analizę modalną hybrydowego łoża obrabiarki. Konstrukcję hybrydową uzyskano przez połączenie żeliwnego korpusu łoża z odlewem mineralnym. Analizę przeprowadzono w celu porównania wyników otrzymanych na drodze symulacji z wynikami uzyskanymi podczas modalnego eksperymentu identyfikacyjnego.

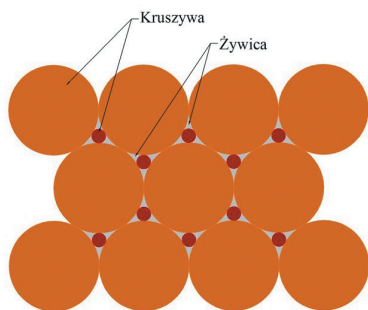
SŁOWA KLUCZOWE: odlew mineralny, łożo obrabiarki, analiza modalna, właściwości dynamiczne

The paper presents theoretical and experimental modal analysis of hybrid machine's tool bed. Hybrid construction was created by connecting of iron cast machine tool bed with mineral cast. The analysis was conducted to compare results from simulation with experimental data.

KEYWORDS: mineral cast, machine tool bed, modal analysis, dynamic properties

Korpusy są tymi elementami obrabiarek (np. szlifierek), które wiążą ich podstawowe zespoły i mechanizmy w jedną całość. Rola korpusów polega więc na utrzymaniu innych części i zespołów w ściśle określonych wzajemnych położeniach. Większość korpusów obrabiarkowych wykonuje się w postaci odlewów z żeliwa szarego maszynowego bądź żeliwa modyfikowanego [1].

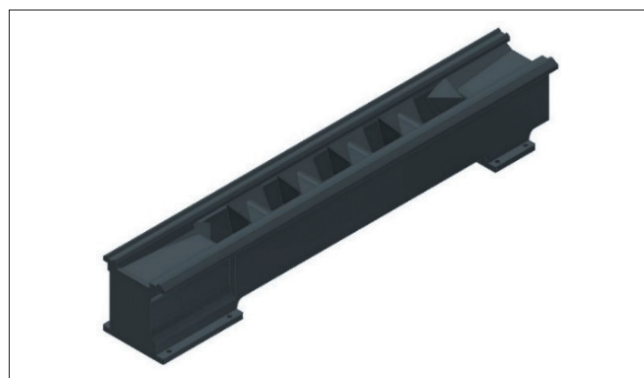
Światowy przemysł ciągle poszukuje nowych rozwiązań konstrukcyjnych i nowych materiałów, które dzięki swoim właściwościom pozwalają na poprawę jakości wytwarzanych produktów, zmniejszenie kosztów związanych z procesem produkcyjnym, zwiększenie elastyczności tego procesu itd. [3]. Takim materiałem jest odlew mineralny PC (*polymer concrete*) – polimerobeton, czyli materiał składający się z drobnych ziaren nieorganicznych kruszyw (takich jak: bazalt, spodumen, popiół lotny, żwir rzeczny, piasek, kreda) połączonych żywicą (najczęściej epoksydową) [4, 5]. Stosunek objętościowy wypełniacza (kruszyw) do spoiwa (żywicy) wynosi ok. 9:1 [3]. Na rys. 1 przedstawiono przykładową strukturę odlewu mineralnego uwzględniającą wielkości ziaren kruszyw.



Rys. 1. Przykładowa struktura odlewu mineralnego uwzględniająca wielkości ziaren kruszyw [3]

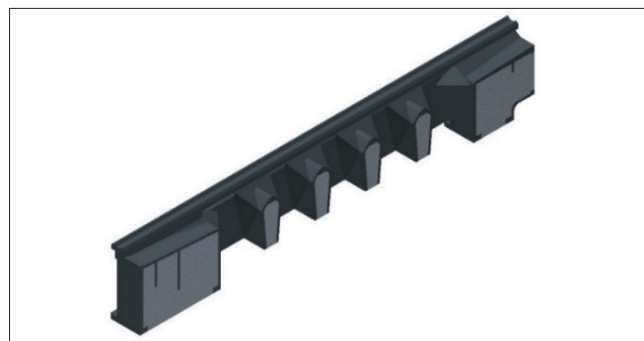
Teoretyczna analiza modalna

W celu przeprowadzenia teoretycznej analizy modalnej najpierw stworzono model korpusu obrabiarki (rys. 2) produkowanego przez firmę Koluszki Foundry and Machinery. Jego wymiary to 300 × 300 × 2000 mm. Korpus jest wykonywany z żeliwa szarego.



Rys. 2. Izometryczny widok korpusu

Technologia odlewania nakłada określone ograniczenia konstrukcyjne, polegające m.in. na tym, że odlewany element powinien mieć możliwie jednolitą grubość ścian i żeber. Zastosowanie zróżnicowanej grubości i zmiennych przekrojów elementów może prowadzić do występowania niekorzystnych zjawisk podczas odlewania lub stygnięcia odlewu, np. do pojawienia się jam skurczowych. Konieczne jest zatem dostosowanie kształtu elementu konstrukcyjnego do wymogów procesu odlewania. Z tego powodu w przekroju analizowanego korpusu przewidziano wolne przestrzenie, które następnie zostały wypełnione materiałem odlewu mineralnego w celu stworzenia korpusu hybrydowego (rys. 3).



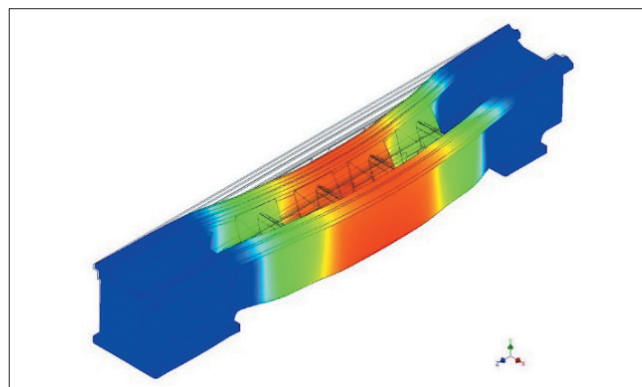
Rys. 3. Przekrój korpusu z wypełnionymi przestrzeniami

W ramach badań przeprowadzono teoretyczną analizę modalną dla pierwszych 20 postaci i częstotliwości drgań własnych korpusu – jej wyniki przedstawiono w tabl. I.

* Mgr inż. Norbert Kępczak (norbert.kepczak@p.lodz.pl), dr hab. inż. Witold Pawłowski prof. PŁ (witold.pawlowski@p.lodz.pl) – Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn, Wydział Mechaniczny Politechniki Łódzkiej

TABLICA I. Wyniki teoretycznej analizy modalnej

Postać	F1	F2	F3	F4	F5
Częstotliwość, Hz	195,0	355,9	409,4	425,0	473,1
Postać	F6	F7	F8	F9	F10
Częstotliwość, Hz	631,8	666,3	782,5	860,6	978,6
Postać	F11	F12	F13	F14	F15
Częstotliwość, Hz	988,6	1048,6	1084,5	1257,4	1266,0
Postać	F16	F17	F18	F19	F20
Częstotliwość, Hz	1336,3	1503,0	1556,2	1600,3	1648,6



Rys. 5. Teoretyczna postać drgań dla częstotliwości 195 Hz

Eksperymentalna analiza modalna

Eksperymentalna analiza modalna jest często stosowaną w praktyce techniką badania własności dynamicznych obiektów mechanicznych – zarówno na etapie konstruowania, jak i eksploatacji maszyn. Eksperyment identyfikacyjny w eksperymencie modalnym polega na wymuszeniu drgań obiektu z jednoczesnym pomiarem siły wymuszającej i odpowiedzi układu, najczęściej w postaci widma przyspieszeń drgań [2].

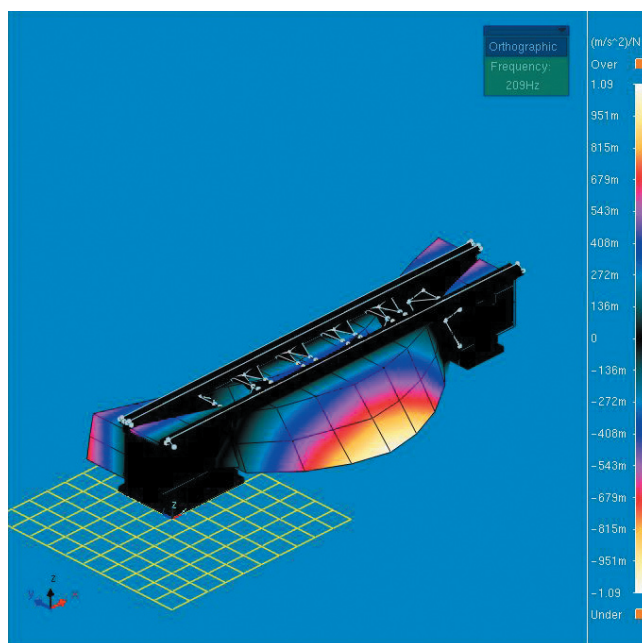
Ze względu na ograniczenia sprzętowe w analizie zastosowano metodę SISO (*single input single output*). Do analizy wybrano 75 punktów pomiarowych. W każdym z nich pięciokrotnie przeprowadzono test modalny. Korpus przebadano trzy razy. Stanowisko pomiarowe, wyposażone w oprogramowanie do analizy modalnej, młotek modalny, czujnik akcelerometryczny i kartę akwizycji danych, przedstawiono na rys. 4. Wyniki eksperymentu zaprezentowano w tabl. II, przy czym ograniczono się do pierwszych trzech charakterystycznych postaci drgań (jedna półfala, dwie półfale, trzy półfale). Na rys. 6 i 7 przedstawiono pierwszą postać drgań – jedną półfalę – uzyskaną w przypadku badań teoretycznych i eksperymentalnych.



Rys. 4. Widok stanowiska badawczego

TABLICA II. Wyniki eksperymetalnej analizy modalnej

	Częstotliwość, Hz		
	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
F1	232	232	231
F2	453	452	453
F3	762	758	760



Rys. 6. Eksperymentalna postać drgań dla częstotliwości 231÷232 Hz

Wnioski

Biorąc pod uwagę badania teoretyczne i eksperymetalne żeliwnego korpusu obrabiarki [10], można wnioskować, że dzięki zastosowaniu konstrukcji hybrydowej nastąpiło usztywnienie korpusu i tym samym podwyższenie częstotliwości jego drgań własnych. W celu potwierdzenia przyjętych założeń należałoby dodatkowo przeprowadzić teoretyczne i eksperymetalne badania statyczne korpusu hybrydowego.

LITERATURA

- Lopez de Lacalle L.N., Lamikiz A. "Machine Tools for High Performance Machining". Springer, 2009.
- Zóttowski B. „Badania dynamiki maszyn”. Bydgoszcz: Wydawnictwo MAKAR, 2002.
- Bruni C., Forcellese A., Gabrielli F., Simoncini M. "Hard turning of an alloy steel on a machine tool with a polymer concrete bed". *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 202, Isss 1÷3 (2007): pp. 493÷499.
- Haddad H., Al Kobaisi M. "Optimization of the polymer concrete used for manufacturing bases for precision tool machines". *Composites: Part B*. 43 (2012): pp. 3061÷3068.
- Cortés F., Castillo G. "Comparison between the dynamical properties of polymer concrete and grey cast iron for machine tool applications". *Materials and Design*. 28 (2006): pp. 1461÷1466.
- Kępczak N., Pawłowski W. „Teoretyczna i eksperymetalna analiza modalna korpusu obrabiarki”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2015): s. 194÷198. ■