

	Organizatorzy: Politechnika Łódzka Wydział Mechaniczny	XXXVIII NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKI ŚCIERNEJ Łódź - Uniejów 09-11.09.2015	
	• Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn • Katedra Technologii Maszyn		

Wpływ modyfikacji ściernicy na stan niewyważenia wrzeciennika szlifierki SPD-30

The effect of modifications on the state of unbalance wheel grinding spindle SPD-30

RYSZARD WÓJCIK
RADOSŁAW WOŹNIAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.396

Obiektem badań była szlifierka do płaszczyzn, jest to szlifierka firmy Jotes, model SPD 30B. Celem pomiaru było sprawdzenie niewyważenia tarcz szlifierskich zamontowanych na wrzecionie obrabiarki. Ściernice na czynnej powierzchni zostały poddane modyfikacji. Wprowadzono zmiany ciągłości tej powierzchni aby można było łatwiej wprowadzać płyny chłodząco – smarujące w postaci mgły olejowej.

SŁOWA KLUCZOWE: analiza drganiowa, niewyważenie wrzeciona, szlifierka do płaszczyzn

The object of the research was planes grinder, this is a Jotes grinder, model SPD30B. The aim of the measure was to check the unbalance of grinding wheels mounted on the machine spindle. Grinding wheels on the active surface have been subjected to modifications. Changes were made continuity of the surface make it easier to introduce cooling fluids-lubricants in the form of mist.

KEYWORDS: vibration analysis, spindle unbalance, plane grinder

Badania prowadzono również w celu określenia jakości remontu obrabiarki, który został wcześniej wykonany. Główne wątpliwości wynikały z niepewności czy istnieje na tyle dobra dokumentacja techniczna urządzenia, która pozwoli na pewne oraz bezpieczne zamieszczenie wszystkich czujników potrzebnych do wykonania pomiarów niewyważenia tarcz ściernych. Kolejną wątpliwością było zapewnienie stałych warunków pomiaru. Jednakże parametry szlifowania można dobrać tak, aby przez cały czas pomiaru tarcza ścierna z obudową obracała się ze stałą prędkością. Na szlifierce można było zamontować różne tarcze szlifierskie oraz przeprowadzić pomiar ich niewyważenia, ponie-

waż do takiego pomiaru potrzebna jest tylko prędkość obrotowa tarczy oraz umiejscowienie węzłów łożyskowych [1].

W zawiązku ze stochastycznym rozmieszczeniem ostrzy ziaren ściernych na powierzchni całego narzędzia można przypuszczać, że niewyważenia będą miały bardzo niewielkie wartości, nawet w przypadku zmienionego kształtu geometrycznego ściernicy. Niewielkie niewyważenie mimo dużych prędkości obrotowych ściernicy może generować na tyle małe drgania, że mogą one być trudne do zinterpretowania w „szumie informacyjnym” niesionym poprzez zmierzone parametry, lub wymagane będzie dobranie czujnika o większej czułości.

W celu zebrania odpowiedniego materiału do późniejszej analizy pomiary zostały przeprowadzone dla dwóch wartości filtra dolnoprzepustowego (200 Hz oraz 500 Hz). Dzięki temu możliwe będzie porównanie, przy której wartości filtra został zebrany sygnał zawierający najwięcej informacji [2]. Pomiary były wykonywane w dwóch kierunkach: pionowym (od dołu – obszar obciążenia łożyska) oraz poziomym.

Mierzone były poniższe parametry:

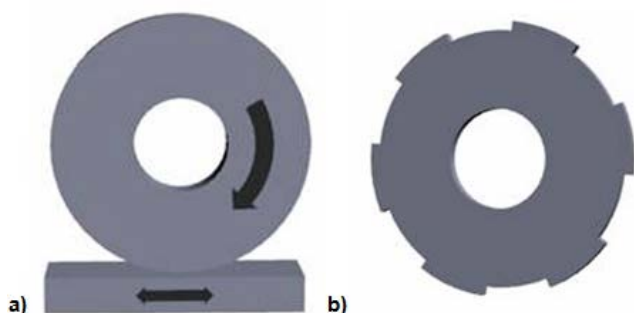
- A_{sel} – przyspieszenie selektywne,
- V_{sel} – prędkość selektywna,
- D_{sel} – demodulacja selektywna.

Dla wyeliminowania błędów wynikających z możliwości montażu czujnika pomiarowego w różnych miejscach, punkty pomiarowe zostały zaznaczone na szlifierce. Miało to na celu zwiększenie powtarzalności warunków pomiaru, co pozwalało na analizę porównawczą zebranych danych.

Do badań zastosowano czujniki akcelerometryczne (piezoelektryczne) ogólnego zastosowania o czułości 100 mV/g. Czujniki były mocowane za pomocą przystawek magnetycznych. Obydwie tarcze przed pomiarem zostały wyważone statycznie oraz obciążone diamentem. Na rysunku 1 przedstawiono ściernice: rys.1a pełną, rys.1b kształtową o

* dr hab. inż. Ryszard Wójcik (ryszard.wojcik@p.lodz.pl),
 mgr inż. Radosław Woźniak

następujących parametrach rowków: długość 36 mm, głębokość 12 mm w tabeli 1 zestawiono pozostałe dane.



Rys. 1. Kształt badanych ściernic: a) pełna, b) kształtową

Tab. 1. Dane badanych tarcz ściernych.

Kształt	pełna	kształtowa
Zarys obwodu	trzy pełne tarcze	pojedyncza, 6 wrębów na obwodzie
Ø zewnętrzne	310 mm	340 mm
Szerokość czynna	48 mm	15 mm
Masa ściernic	6 kg	2,5 kg
Masa ściernic z uchwytem	16 kg	12,5 kg

Pomiary drgań odbywały się przy następujących prędkościach obrotowych (wskazania z potencjometru obrabiarki):

- 1006 obr./min, 16,76 Hz,
- 1406 obr./min, 23,43 Hz,
- 1736 obr./min, 28,93 Hz (maksymalne obroty).

Dobranie prędkości obrotowych miało na celu porównanie różnic w intensywności drgań w zależności od prędkości wrzeciona. Prędkości w nagłówkach w programie pomiarowym są nieco inne, ponieważ były nadawane przed sprawdzeniem rzeczywistej prędkości obrotowej.

Prędkość obrotowa wrzeciona była nastawiana za pomocą potencjometru obrotowego, na którym trudno było zadać równą prędkość z dokładnością, co do jednego obrotu. Dal-

sza analiza pokaże, jaka rzeczywiście była prędkość obrotowa wrzeciona.

Wykres pomiarowy

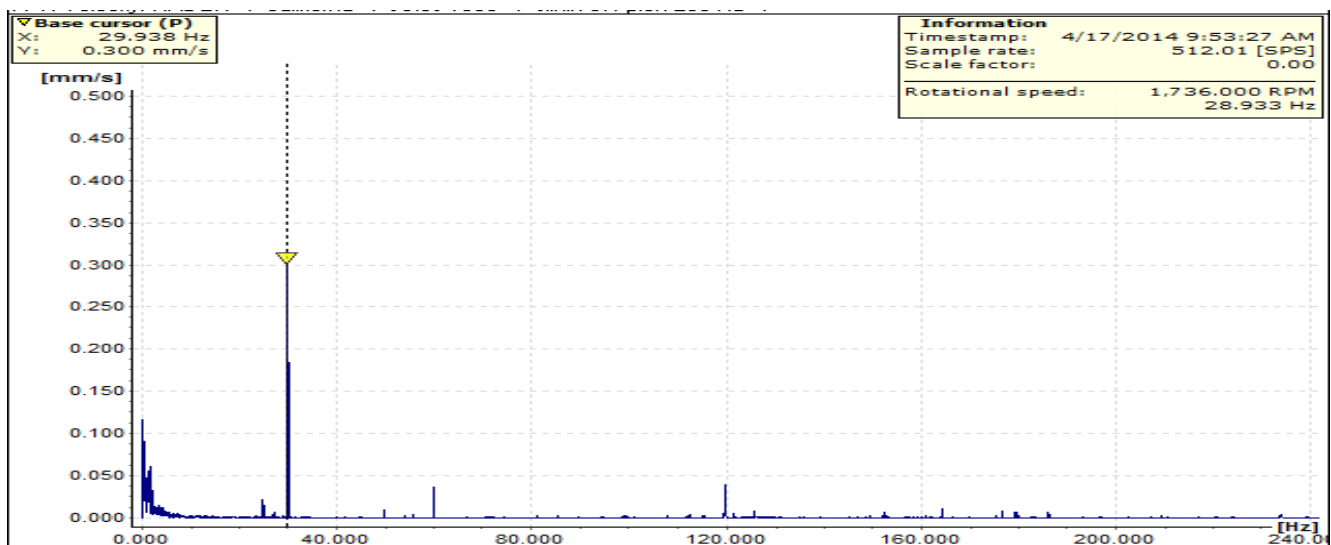
W prawym górnym rogu wykresu w tabelce można odczytać informacje, np. datę wykonania pomiaru, czy prędkość obrotową. W lewym górnym rogu znajduje się tabelka informacyjna kursora bazowego (żółty trójkąt). Wskazuje zaznaczoną na wykresie amplitudę oraz podaje jej wartości. Wartości na osiach porównywanych wykresów są ujednolicone w celu łatwiejszego zestawiania wartości oraz skali zjawisk.

Analiza pomiarów

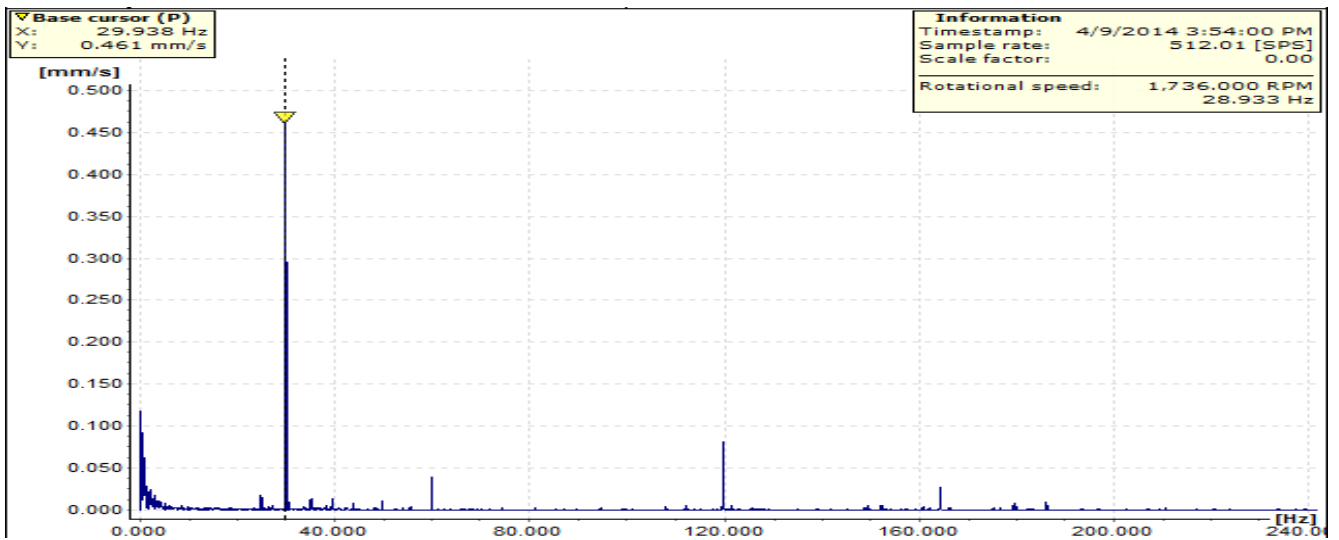
Zjawisko niewyważenia najwyraźniej można zaobserwować w wykresie widma prędkości. Jeśli jest widoczny pik w częstotliwości obrotowej tarczy świadczy to o jej niewyważeniu. Na Rys. 2 widać wyraźny pik, zaznaczony żółtym trójkątem, o częstotliwości 29,938 Hz. Częstotliwość obrotowa ustawiona przez potencjometr obrabiarki to 28,93 Hz, były to maksymalne obroty, jakie można było ustawić. Z danych silnika wynika, iż maksymalne obroty wynoszą 1800 obr./min. a więc równe 30 Hz, co pozwala przypisać zaznaczony pik, jako częstotliwość obrotową tarczy. Pomiar prędkości za pomocą czujnika optycznego potwierdzi zasadność powyższego twierdzenia. Świadczyć to może o niewyważeniu tarczy ścierniej. Zmierzona prędkość w kierunku pionowym to 0,461 mm/s. Niewyważenie ściernicy może przekładać się na jakość obrabianej powierzchni [5].

W celu potwierdzenia tezy, iż prędkość obrotowa wrzeciona nastawiana przez potencjometr nie wskazuje rzeczywistej prędkości, został wykonany pomiar sprawdzający.

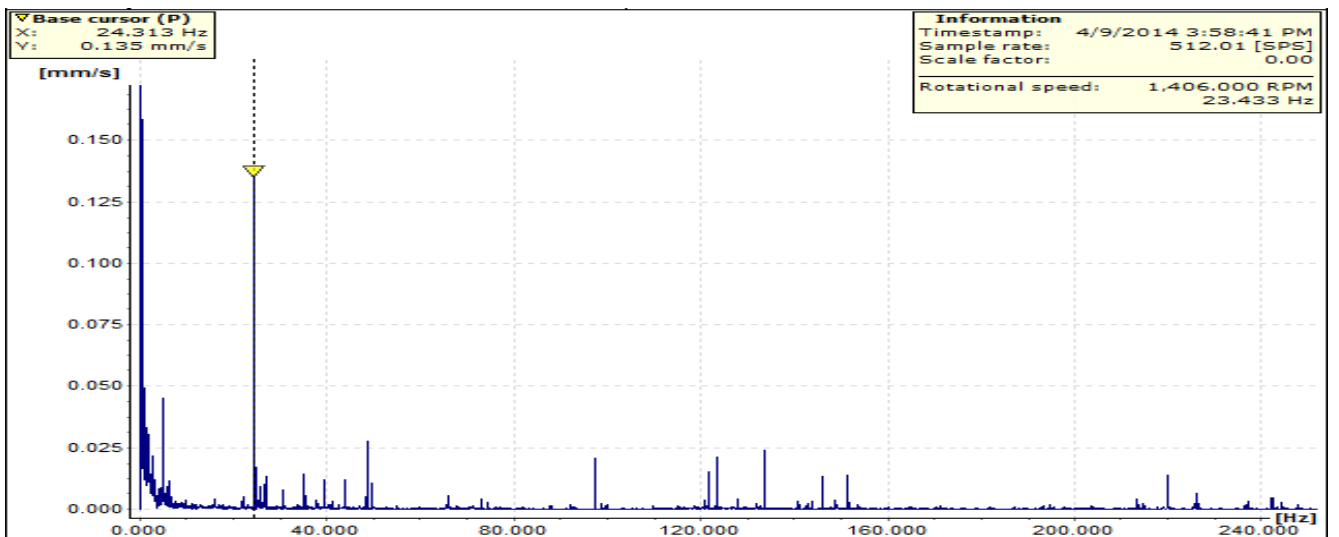
Rys. 3 przedstawia widmo prędkości drgań dla tarczy kształtowej. Widoczny pik w częstotliwości obrotowej tarczy, świadczy o jej niewyważeniu. Wartość prędkości pików jest mniejsza niż w przypadku tarczy pełnej i wynosi 0,300 mm/s. Wartości prędkości drgań dla tarczy pełnej i kształtowej nie należy bezpośrednio porównywać. W procesie badań bardzo ważne jest zebranie jak największej ilości informacji badanego układu. Pomiary zostały wykonane przy tych samych nastawach obrabiarki, ale z innymi tarczami.



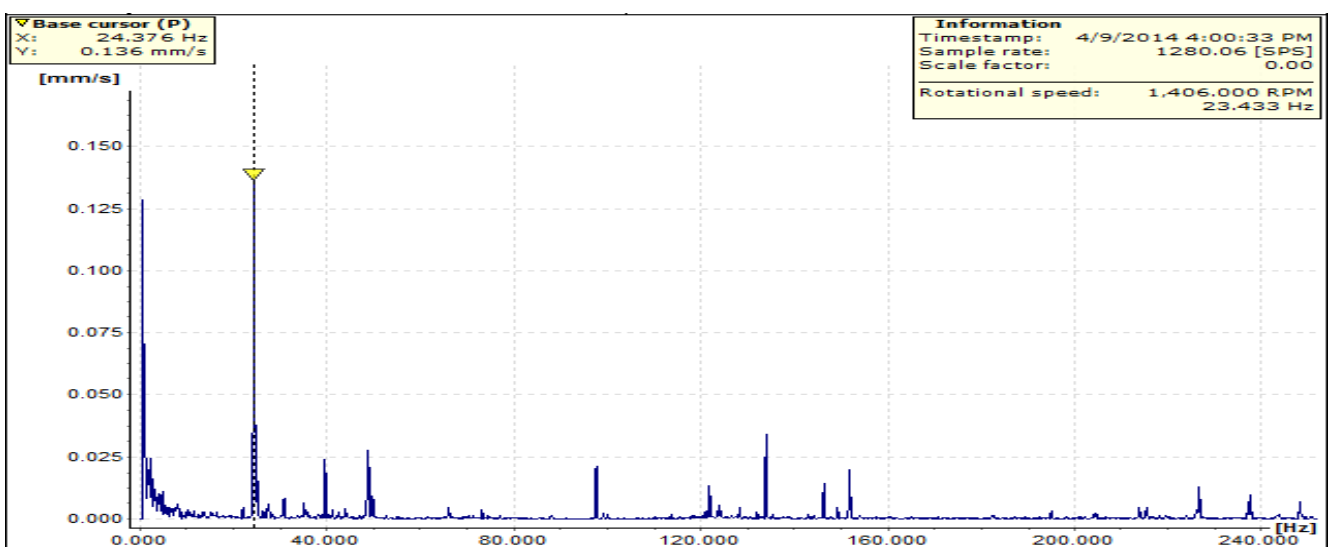
Rys. 2. Wykres widma prędkości drgań – tarcza pełna



Rys. 3. Wykres widma prędkości drgań – tarcza modyfikowana



Rys. 4. Wykres widma prędkości drgań – tarcza pełna, LP – 200 Hz



Rys. 5. Wykres widma prędkości drgań – tarcza pełna, LP – 500 Hz

Różnica nie tylko polegała na innym kształcie ale również inne były szerokości ściernic oraz minimalnie różne średnice

co przekładało się na ich odmienne masy. W celu porównania wartości prędkości drgań dla dwóch ściernic wykonano

obliczenia prędkości drgań na 1 kg masy wirującej (masa wirująca w tym przypadku to masa ściernic wraz z uchwytem, nie brano pod uwagę innych elementów) z którego wynika, że poziom drgań jest na podobnym poziomie. Porównanie to przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Wartości prędkości drgań z pomiarów (w częstotliwości obrotowej)

	Kształt tarczy ścierniej	
	Pełna	Kształtowa
Wartość prędkości drgań [mm/s]	0,461	0,300
Wartość prędkości drgań [mm/s] w przeliczeniu na 1 kg masy wirującej	0,028	0,024

Analiza wyników pomiarów

Analiza zebranych danych pokazuje, iż prędkość nastawiana poprzez potencjometr obrabiarki mogła być wskazywana błędnie. Fakt ten potwierdza występowanie charakterystycznych pików w nieco innej, aczkolwiek bardzo zbliżonej, częstotliwości w stosunku do prędkości odczytanej z wyświetlacza obrabiarki.

W celu potwierdzenia tezy, iż prędkość obrotowa wrzeciona nastawiana przez potencjometr nie wskazuje rzeczywistej prędkości, został wykonany pomiar sprawdzający. Odbył się on z użyciem czujnika optycznego prędkości dołączonego do zestawu diagnostycznego. Na tarczę szlifierską został naklejony refleks o długości około 20 mm. Czujnik optyczny zamocowano na stole obrabiarki za pomocą własnego uchwyty magnetycznego. Dokonano sprawdzenia trzech prędkości obrotowych. Wyniki pomiarów przedstawia tabela 3.

Jak wynika z tabeli 3 wskazania potencjometru obrabiarki są niezgodne z rzeczywistością. Potwierdza to również diagnostyka drganiowa związana z pomiarem niewyważenia (piki w częstotliwościach obrotowych). Dodatkowo wykonano pomiar ręcznym tachometrem optycznym, co również potwierdza poprawność wcześniej założonej tezy na temat błędnego wskazywania prędkości obrotowej przez potencjometr. Jest to częste zjawisko wynikające z niedokładnegoysterowania oraz strat energii.

Tab. 3. Wyniki pomiarów prędkości wrzeciona szlifierki do płaszczyn

Numer pomiaru	1	2	3
Prędkość nastawiona [obr./min]	1006	1406	1736
Prędkość zmierzona [obr./min]	1040	1457	1798
Prędkość nastawiona [Hz]	16,76	23,43	28,93
Prędkość zmierzona [Hz]	17,33	24,28	29,97
Różnica prędkości zadanej do rzeczywistej [%]	3,2	3,5	3,5

Wartość filtra LP a zarejestrowany sygnał pomiarowy

Filtr LP (filtr dolnoprzepustowy z ang. Low-Pass, w skrócie LP) pozwala na pomiary danej wielkości poniżej nastawionej wartości. Rys. 4 oraz rys. 5 przedstawiają widma prędkości drgań dla tarczy pełnej dla różnych ustawień filtra LP. Cursor bazowy (żółty trójkąt) przedstawia najwyższe piki. Porównując te dwa wykresy można stwierdzić, że ich przebiegi są do siebie bardzo zbliżone. To potwierdza fakt, iż pomiar był wykonywany w tym samym punkcie, przy tej samej prędkości oraz obciążeniu.

Wykres w zakresie od 0 do około 2,5 Hz jest rozbudowany, jednakże wartości te nie są brane do analizy, ponieważ w tym obszarze czujnik przyspieszeń ma nieliniową charakterystykę. Wartość prędkości dla maksymalnego piku jest niemal identyczna. Dokładniej analizując wykres z filtrem LP o wartości 200 Hz widać, iż jest ona bardziej ostry – jest to wynikiem niższej rozdzielczości spektrum, a więc próbkowanie jest dokładniejsze (można pomierzyć mniejsze różnice pomiędzy częstotliwościami).

Warto nadmienić, iż nastawiane wartości LP były pod kątem poszukiwania niewyważenia. Do wyszukiwania pozostałych defektów dobiera się parametry pomiarów w sposób indywidualny i adekwatny do zebranych przed pomiarem informacji [3].

Pomiary w kierunku poziomym oraz pionowym

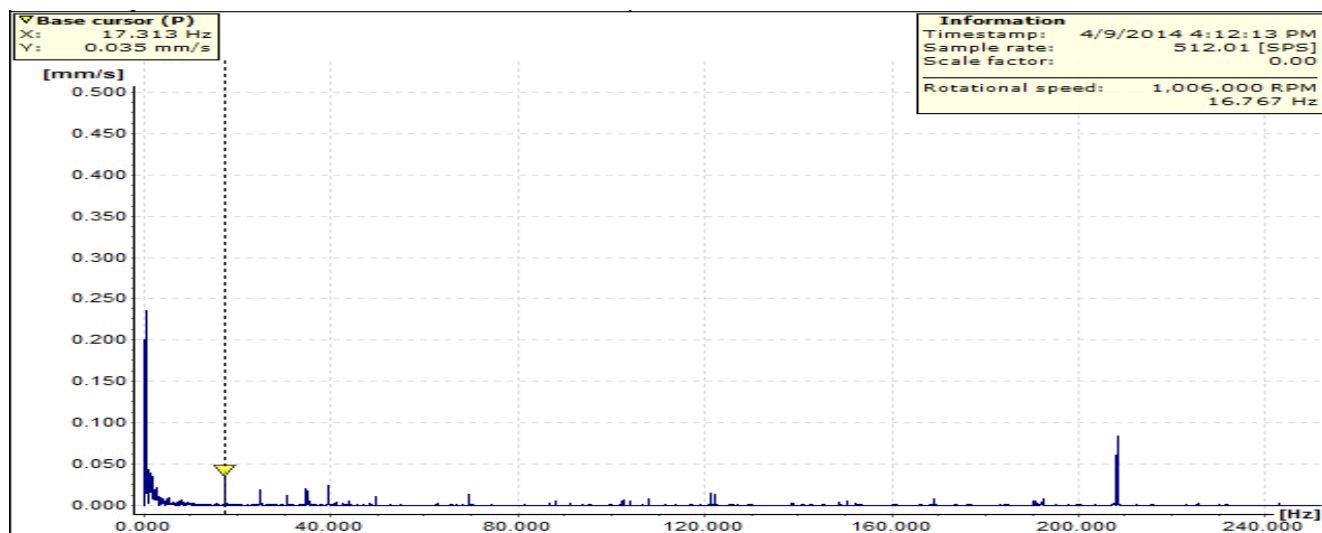
Najwyraźniejszy sygnał niosący informacje o niewyważeniu znajduje się na wykresach przedstawiających pomiary w kierunku pionowym. Wynika to z faktu, iż łożyska są w strefie obciążenia i najlepiej przekazują drgania pochodzące z tarczy do czujnika pomiarowego. Rys. 4 przedstawia wykres widma prędkości drgań mierzony w kierunku poziomym. Po porównaniu do rys. 5 można stwierdzić, iż wartość prędkości drgań w częstotliwości obrotowej w kierunku poziomym była prawie dwa razy większa w stosunku do prędkości mierzonej w kierunku pionowym. Może to być wynikiem niepełnego dociążenia łożyska w kierunku poziomym. Na wartości otrzymywane w dwóch kierunkach pomiaru może mieć również wpływ sztywność obrabiarki.

Prędkość obrotowa a generowany sygnał

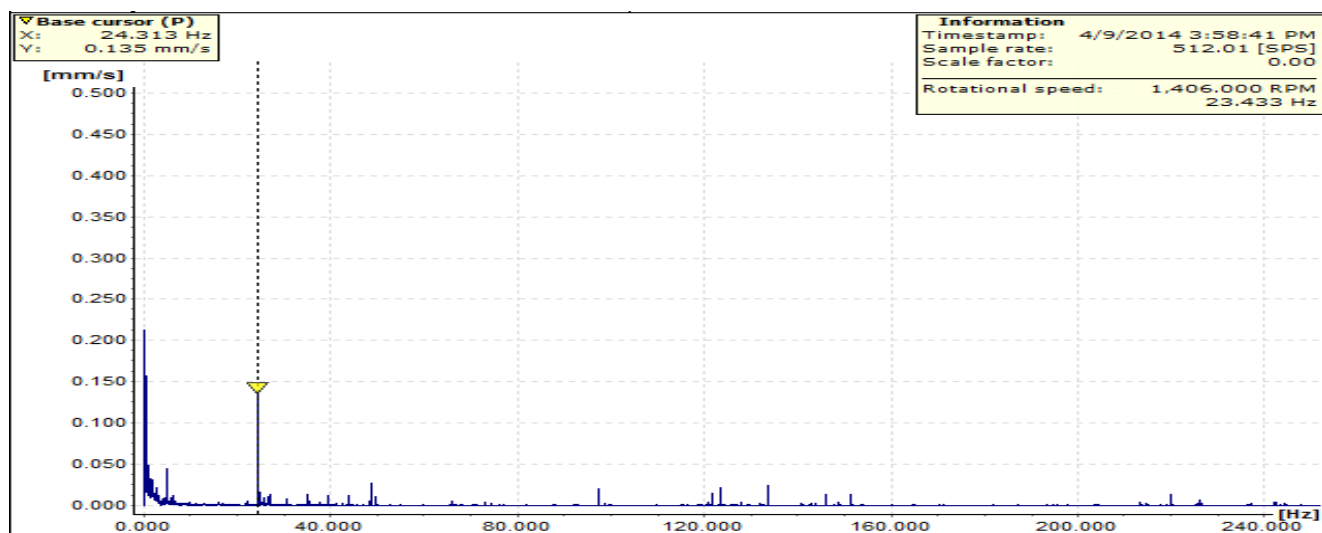
Zjawiska uderzeniowe nasilają się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej. Wynika to z fizycznej zależności między siłą wytwarzaną przez przesuniętą względem osi obrotu masą w wyniku działania prędkości obrotowej. Im szybciej obraca się tarcza tym większe siły w niej powstają.

To stwierdzenie potwierdzają rys. 6a, rys. 6b oraz rys. 6c przedstawiające widma prędkości drgań dla trzech mierzonych prędkości (dla jednej ściernicy). Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej wyraźnie widać wzrost prędkości drgań w częstotliwości obrotowej (wzrost wpływu niewyważonej masy). Poszczególne wykresy zostały wyskalowane do tych samych wartości dla ułatwienia analizy [4].

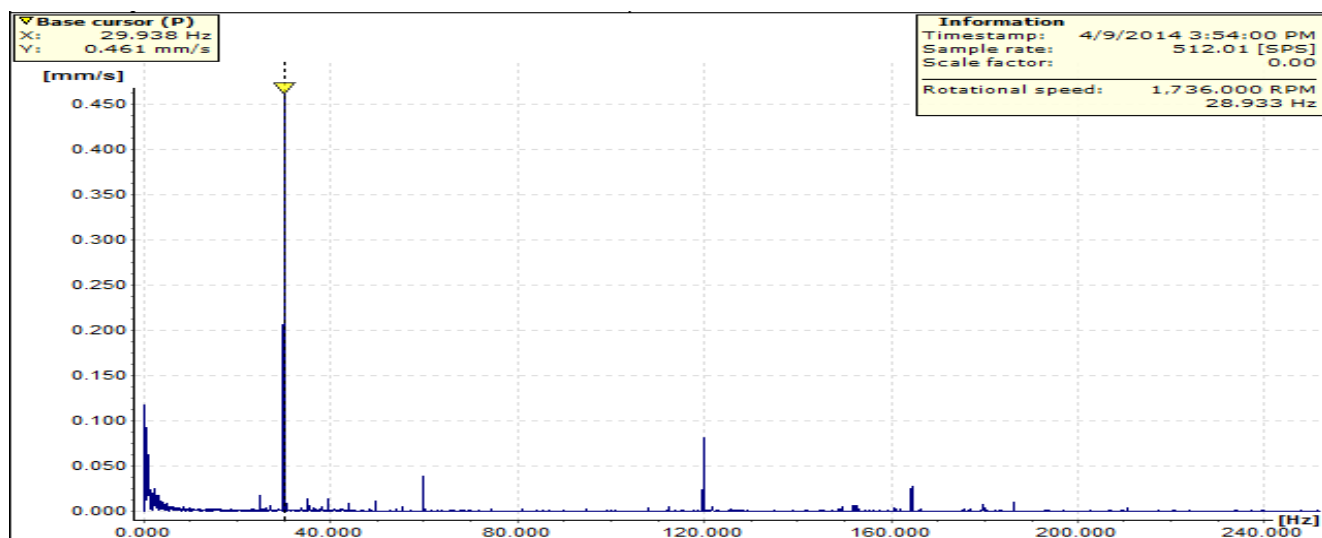
a)



b)



c)



Rys. 6. Wykresy widm prędkości drgań – tarcza pełna, LP – 200 Hz, pionowo, częstotliwość obrotowa: a) 17,313 Hz, b) 24,313 Hz, c) 29,938 Hz.

Podsumowanie i wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na określenie jak daleko można prowadzić ingerencję w obszarze narzędzi takich jak ściernica [6]. W prezentowanych badaniach zastosowano bardzo drastyczne modyfikacje. Celem było określenie jak :

- parametry pomiarów należy dobierać pod kątem wyszukiwania konkretnych defektów, zwiększa to prawdopodobieństwo pomiaru zawierającego sygnał na temat danego problemu,
- pomiary powinny być wykonywane przy znanej oraz stałej prędkości obrotowej, pozwala to na ich późniejszą poprawną analizę,
- zachowanie powtarzalnego systemu oznaczania pomiarów zapobiega powstawaniu błędów oraz pomyłek podczas ich zbierania,
- sam fakt wystąpienia drgań lub amplitud w sygnale pomiarowym nie jest negatywnym zjawiskiem, ocena zmierzonych wartości daje informację o ich wpływie na pracę układu,
- zjawiska drganiowe nasilają się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej.

Dalsze badania będą obejmowały wpływ modyfikacji czynnej powierzchni ściernicy: rodzaj, głębokość, kształt. Przy jednoczesnym zachowaniu właściwych warunków BHP. Prace mają na celu określenie wpływu modyfikacji na stan warstwy wierzchniej, zwłaszcza w przypadku podawania płynów chłodząco – smarujących z minimalnym wydatkiem w strefę bezpośredniego szlifowania.

LITERATURA

1. Barszcz T., Systemy monitorowania i diagnostyki maszyn, Instytut Technologii Eksploatacji PIB, Kraków 2006
2. PN-ISO 10816-1:1998 Drgania mechaniczne. Ocena drgań maszyny na podstawie pomiarów na częściach niewirujących. Wytyczne ogólne.
3. PN-90/N-1358 Drgania. Metody pomiarów i oceny drgań maszyn.
4. Mosion D., Pawłowski W., Ćwiczenie D-1 „Obserwacja rozruchu wirujących zespołów napędowych obrabiarek” Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn, Łódź 2011.
5. Lajmert P., Kruszyński B., Sikora M., Ostrowski D., Diagnostyka procesu szlifowania kłowego wałków. V Krajowa.VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna. METROLOGIA W TECHNIKACH WYTWARZANIA. Łódź – Uniejów 2014.
6. Wójcik R., Wpływ modyfikacji ściernicy na jakość powierzchni walcowych wewnętrznych. XXXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. Wrocław 2012. Monografia PROBLEMY I TENDENCJE ROZWOJU OBRÓBKİ ŚCIERNEJ wydana pod redakcją P. Cichosza, s.161-168.