

Franciszek ORYŃSKI¹
Grzegorz BECHCIŃSKI¹

EKSPERYMENTALNE BADANIA DYNAMIKI SZLIFIERKI DO WIBRACYJNEGO SZLIFOWANIA PODCZAS DOBIEGU I OBRÓBKI PŁASZCZYZN

Zaproponowano metodykę przeprowadzenia badań doświadczalnych dynamiki układu OUPN w procesie tradycyjnego i wibracyjnego szlifowania płaszczyzn. W czasie szlifowania wibracyjnego drgania wymuszone były nałożone na stałą prędkość posuwową przedmiotu obrabianego. Metoda ta polegała na celowym wprowadzaniu z zewnątrz drgań stycznych do powierzchni szlifowanej obwodem ściernicy oraz wzdłuż szybkości skrawania, o określonej częstotliwości i amplitudzie wymuszenia. Badania prowadzono podczas dobiegu i wzdłużnej obróbki wgłębnej płaszczyzn na szlifierce SPC-20.

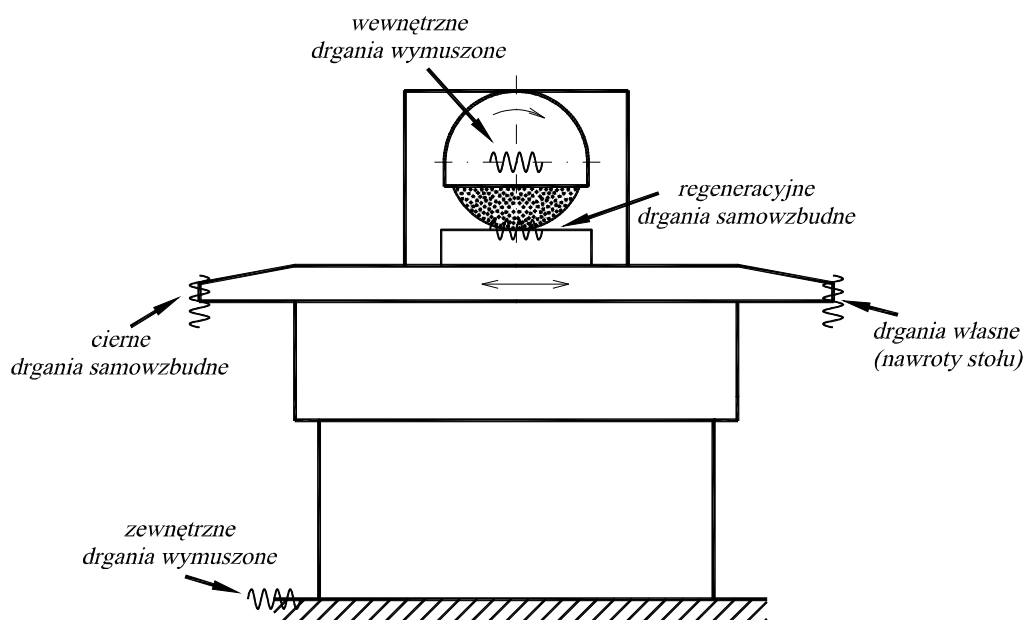
1. WSTĘP

Wszelkie procesy wibroakustyczne zachodzące przy szlifowaniu powiązane są ze sobą poprzez strukturę dynamiczną układu SPS (szlifierka – przedmiot obrabiany - ściernica), które zilustrowano na rysunku 1. Drgania występujące w szlifierkach do płaszczyzn można podzielić na trzy grupy [11]: drgania swobodne, drgania wymuszone i drgania samowzbudne.

Drgania swobodne powstają, gdy następuje naruszenie stanu równowagi w układzie OUPN chwilową siłą lub momentem. W szlifierkach do płaszczyzn, drgania takie mogą być spowodowane zmianą warunków ruchu (uderzenia przy nawrotach stołu) [6], zmianą warunków obciążenia (np. wchodzenie i wychodzenie ściernicy z materiału szlifowanego) oraz pracą urządzeń hydraulicznych (np. nagły spadek ciśnienia w obwodzie hydraulicznym). Drgania te powstają zarówno w czasie ruchu jałowego jak i podczas procesu skrawania. Charakterystyczną cechą drgań swobodnych jest to, że po pewnym czasie zanikają całkowicie. Częstotliwości drgań swobodnych można wyznaczyć na podstawie odpowiedzi układu na wychylenie początkowe, prędkość początkową, bądź równocześnie obu lub poprzez wyznaczenie jego charakterystyki amplitudowo – częstotliwościowej. W obrabiarkach oblicza się parametry drgań swobodnych takich

¹ Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i TBM, 90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 1/15

elementów, jak wrzeciona, wały, łoża i korpusy. Aby uniknąć możliwości powstawania rezonansu, częstotliwość drgań swobodnych powinna znacznie różnić się od częstotliwości drgań wymuszonych. Najniższe częstotliwości własne wrzecion szlifierek zawierają się w przedziale $200 \div 300$ Hz [5].



Rys. 1. Drgania w procesie szlifowania płaszczyzn

Fig. 1. Vibration in the surface grinding process

Drgania wymuszone są wywołane ciągłym działaniem siły wymuszającej o określonej amplitudzie. Przyczynami drgań wymuszonych mogą być siły bezwładności wywołane niewyrównoważeniem statycznym i dynamicznym elementów obracających się (np. ściernicy), zmienny przekrój warstwy skrawanej, niedokładność wykonania elementów przeniesienia napędu na wrzeciono, pulsacja (zmienne ciśnienie) oleju w układzie hydraulicznym, zmiany grubości filmu olejowego na prowadnicach oraz zakłócenia przenoszone przez podłoże. Podobnie jak w przypadku drgań swobodnych, drgania wymuszone powstają w czasie ruchu jałowego i podczas skrawania [1]. Ściernica zamocowana na wrzecionie szlifierki zwiększa amplitudę drgań 5÷10 razy w stosunku do samego wrzeciona. Ściernica zmienia położenie środka ciężkości pod wpływem zużycia naturalnego, obciążania i nierównomiernego nasiąkania chłodziwem, ponieważ nie jest masą idealnie jednorodną. Głównym zadaniem, w odniesieniu do tego typu drgań jest to, jak wyeliminować źródła ich powstawania. Niewyrównoważenie ściernicy i wrzeciona można łatwo zlokalizować i wyeliminować poprzez pomiar częstotliwości oraz zastosowanie urządzenia służącego do samoczynnego wyrównoważania pracujących wrzecion ze ściernicami [10]. Także, sam proces szlifowania, tłumi drgania wymuszone wrzeciennika ściernicy, wywołane niewyrównoważeniem obracających się elementów napędu wrzeciona [8]. Innym niekorzystnym zjawiskiem wywołującym drgania wymuszone wrzeciona,

związanym z dokładnością wykonania i montażu jest zjawisko „pływania” osi obrotu wrzeciona widoczne przy biegu luzem. „Pływanie” osi obrotu jest to ruch okrężny osi wrzeciona w obszarze luzu łożyskowego, który występuje przy dużych prędkościach obrotowych i znacznym luzie promieniowym w przypadku wrzecion łożyskowanych hydrodynamicznie. Z kolei drgania podłoża mogą być trudne do zlokalizowania i skutecznego stłumienia. Zastosowanie odpowiednich fundamentów oraz podkładek wibroizolacyjnych może zapewnić eliminację lub zmniejszenie drgań przenoszonych przez podłoża.

Drgania samowzbudne pojawiają się w układzie SPS, gdy nie jest on stabilny dynamicznie. Po pobudzeniu układu np. impulsem siły, pojawiają się w nim drgania, które nie zanikają. Tego typu drgania występują w czasie biegu luzem oraz podczas szlifowania. Przykładem drgań samowzbudnych mogą być cierne drgania relaksacyjne (zjawisko stick - slip), powstające przy przemieszczaniu stołu szlifierki na ślizgowych prowadnicach stykowych (ze stykiem bezpośrednim). Drugim typem drgań samowzbudnych występujących w szlifowaniu są drgania o charakterze karbujących drgań regeneracyjnych. Są wywoływane samym procesem skrawania bez udziału zewnętrznej siły wymuszającej. Powstają w wyniku wzajemnego oddziaływania na siebie procesu skrawania i układu MDS (masowo – dyssypacyjno - sprężystego), przy czym drgający układ sam reguluje dopływem energii, która kompensuje straty wywołane tłumieniem. Częstotliwość drgań samowzbudnych powstałych w procesie skrawania jest rzędu $3 \div 6$ kHz. Istnieją dwa mechanizmy tworzenia się drgań regeneracyjnych: od przedmiotu, który ma falistość na powierzchni z poprzedniego przejścia (większa amplituda drgań, mniejsza częstotliwość) oraz od ściernicy, której czynna powierzchnia (CPS) posiada falistość na obwodzie (mniejsza amplituda drgań, większa częstotliwość). Przy szlifowaniu amplituda tych drgań wzrasta z reguły znacznie wolniej i osiąga mniejsze wartości, jednak jej wpływ na dokładność obróbki i okres trwałości ściernicy jest bardzo istotny. Zwłaszcza ściernica, ale też i przedmiot obrabiany mogą spełniać rolę czynników regenerujących drgania karbujące, ponieważ w czasie obróbki następuje zmiana ich kształtu i topografii CPS [3] i [9]. Falistość CPS jest czynnikiem regenerującym drgania we wszystkich odmianach szlifowania jej obwodem, natomiast regenerowanie drgań przez falistość przedmiotu obrabianego występuje głównie przy szlifowaniu powierzchni walcowych [4].

2. SZLIFOWANIE WIBRACYJNE

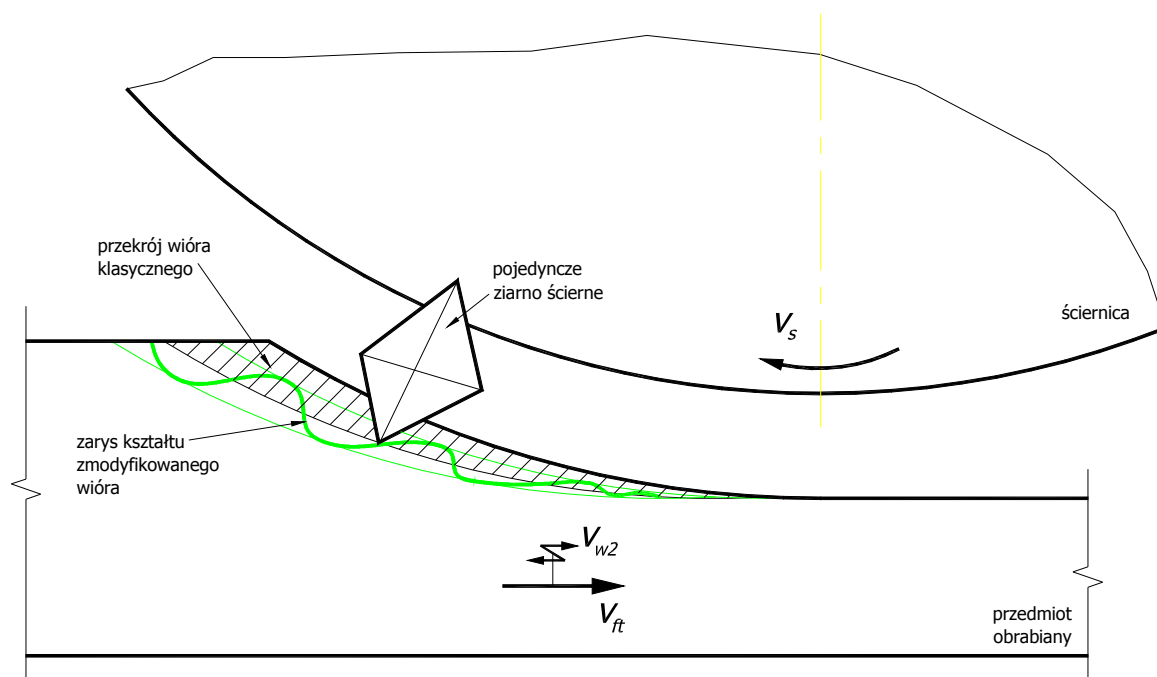
Typowy cykl procesu szlifowania obejmuje szlifowanie właściwe oraz szlifowanie wyiskrzające mające na celu otrzymanie żądanego wymiaru i jakości powierzchni przedmiotu obrabianego. Badania doświadczalne w zakresie szlifowania wgłębnego wałków i szlifowania płaszczyzn [7], [8] wykazują, że w przypadku istnienia silnych źródeł wewnętrznych drgań wymuszonych pochodzących od poruszających się elementów szlifierki, powierzchnia szlifowanego przedmiotu zostaje wyraźnie zniekształcona w końcowej fazie obróbki tzn. podczas wyiskrzania. W przypadku wyiskrzania szlifowanie

odbywa się tylko pod wpływem docisku ściernicy do przedmiotu obrabianego spowodowanego wcześniejszym sprężystym naprężeniem (odkształceniem) elementów układu SPS przy szlifowaniu właściwym. Wyiskrzanie doprowadza do obniżenia odkształceń w układzie SPS oraz przebiega z coraz mniejszą wartością docisku narzędzia do przedmiotu. To prowadzi do stopniowego zmniejszenia intensywności tłumienia drgań wymuszonych, generowanych w układzie SPS. Te drgania mogą powodować powstawanie falistości i innych błędów kształtu powierzchni przedmiotu obrabianego.

Szczególne właściwości drgań mogą być pożytecznie wykorzystane dla realizacji czy też ułatwienia wielu procesów. Sterując odpowiednio drganiami można otrzymać obniżenie falistości i poprawę stanu powierzchni obrabianej [2].

Duże możliwości podwyższenia jakości wytwarzanych wyrobów otrzymuje się odpowiednio dobierając parametry procesu skrawania. Oznacza to taki wybór parametrów charakteryzujących proces obróbki, aby zapewniona była odpowiednia jakość i dokładność wymiarowa obrabianej powierzchni pomimo występujących niekorzystnych zjawisk dynamicznych.

W procesie szlifowania ze wspomaganie drganiami zmienia się długość styku pojedynczego ziarna ściernego. Schemat poglądowy kinematyki skrawania pojedynczym ziarnem ściernym w procesie szlifowania przeciwbieżnego płaszczyzn z drganiami wspomagającymi zilustrowano na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat poglądowy kinematyki skrawania pojedynczym ziarnem ściernym w procesie szlifowania przeciwbieżnego płaszczyzn z drganiami wspomagającymi

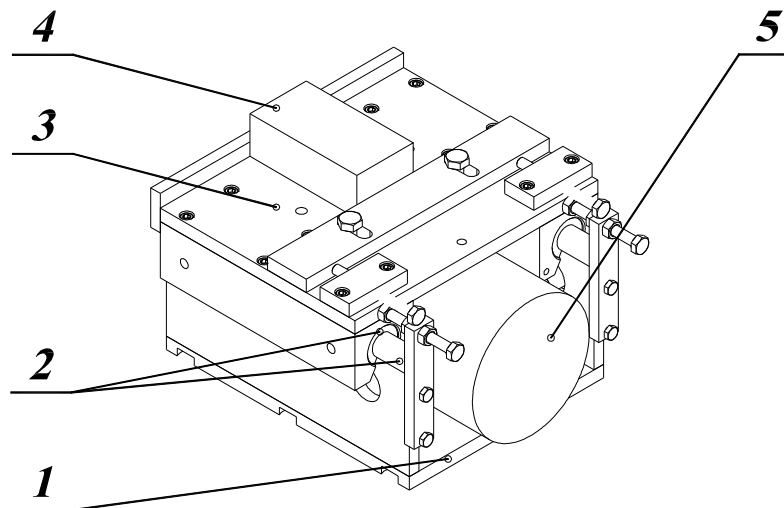
Fig. 2. Principle of the kinematics of cutting process by single abrasive grain during the vibration assisted backward surface grinding

Pojedyncze ziarno ściernie realizuje ruch obrotowy z prędkością obwodową ściernicy v_s . Przedmiot obrabiany przemieszcza się z prędkością posuwu stycznego v_{ft} . Przy szlifowaniu tradycyjnym, pojedyncze ziarno ściernie skrawa wiór o przekroju klasycznym (obszar zakreskowany). Jeżeli na ruch przedmiotu obrabianego nałożymy modulację prędkości posuwu stycznego $v_{w2}=A\sin(2\pi ft)$ to uzyskuje się zmianę zarysu kształtu wióra (linia falista).

Celowo wprowadzane drgania o określonej częstotliwości oraz amplitudzie są nałożone na stałą prędkość posuwową przedmiotu obrabianego. Zastosowanie tej metody może stanowić alternatywę dla wykańczającej obróbki ścierniej, np. dogładzania oscylacyjnego. Podczas typowego dogładzania oscylacyjnego, usuwana jest tylko częściowo chropowatość z poprzedniej operacji. Konieczne jest, aby powierzchnia wyjściowa miała wysoką dokładność i małe błędy kształtu, gdyż cechy te podczas dogładzania pozostają niezmienione. Każde działanie w kierunku polepszenia efektywności obróbki szlifowaniem może przynieść wymierne i znaczne korzyści.

3. BADANIA DOŚWIADCZALNE DYNAMIKI SZLIFIERKI

Ze stołu szlifierki zdjęto uchwyt elektromagnetyczny, a zastąpiono go stolikiem oscylacyjnym, którego konstrukcję zamieszczono na rysunku 3. Stolik ten jest przeznaczony

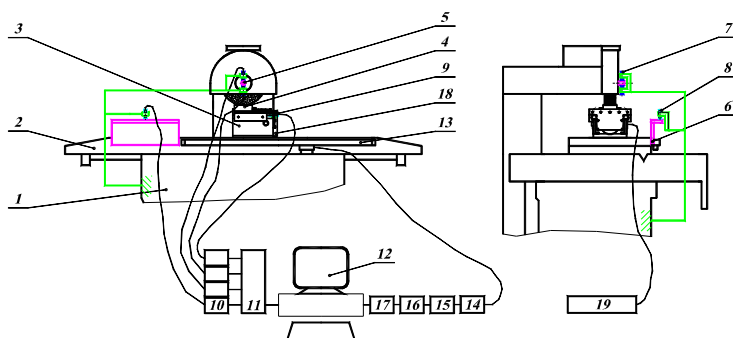


Rys. 3. Stolik oscylacyjny
Fig. 3. The oscillatory work table

do mocowania oraz do wprowadzania przedmiotu obrabianego w drgania oscylacyjne. Na podstawie 1 (rys. 3) umieszczone są toczne prowadnice linowe 2, po których przesuwany jest uchwyt 3 mocujący przedmiot obrabiany 4. Ruch oscylacyjny przedmiotu jest realizowany za pomocą wzbudnika elektrodynamicznego 5. Wzbudnik elektrodynamiczny 5

umożliwił otrzymanie drgań oscylacyjnych stolika o amplitudzie maksymalnej $50 \mu\text{m}$ i zakresie częstotliwości $20 \text{ Hz} \div 10 \text{ kHz}$. Układy pomiarowe, wykorzystane w badaniach doświadczalnych, przedstawiono w sposób schematyczny na rysunku 4. Po łożu **1** szlifierki przesuwa się stół **2**, na którym jest umieszczony stolik oscylacyjny **3** przeznaczony do mocowania przedmiotów szlifowanych **4**.

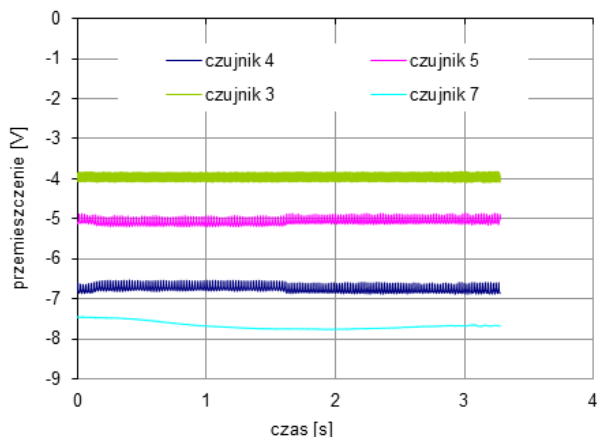
Do analizowania ruchu drgającego konieczne jest mierzenie przemieszczenia, prędkości lub przyśpieszenia w funkcji czasu. Drgania (przemieszczenia) ściernicy i stołu względem łoża szlifierki **1** oraz stolika oscylacyjnego mierzono bezdotykowymi czujnikami indukcyjnymi.



Rys. 4. Schemat stanowiska do badań szlifowania płaszczyzn bez i ze wspomaganie drganiami
Fig. 4. Scheme of test bed for examination surface grinding process without and with assisted vibration

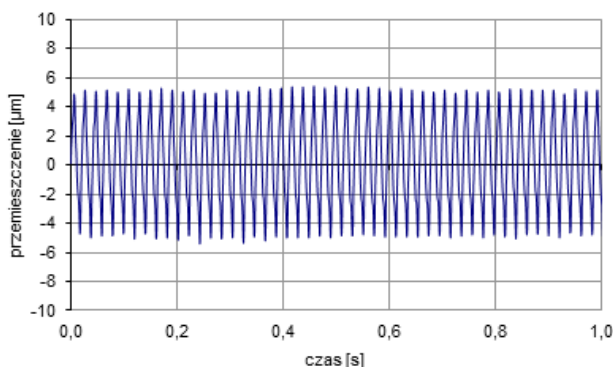
Do wrzeciona szlifierki (rys. 4) zamontowano współosiowo trzpień pomiarowy **5**, a do stołu **2** przymocowano przymiar kątowy **6**. Czujniki **7** ustawione po obu stronach trzpienia **5** i przytwierdzone do łoża szlifierki **1** przeznaczone są do różnicowego pomiaru amplitudy drgań wrzeciona względem łoża szlifierki. Największy wpływ na dokładność i chropowatość mają drgania ściernicy względem przedmiotu w kierunku prostopadłym do powierzchni szlifowanej. Czujnik **8** ustawiony z jednej strony przymiaru kąowego **6** i przymocowany do łoża szlifierki **1** jest przeznaczony do pomiaru drgań stołu **2**. Czujnik **9** przymocowany jest do podstawy stolika oscylacyjnego **3** i zastosowany do pomiaru przemieszczenia uchwytu na prowadnicach tocnych w kierunku wprowadzanych drgań. Ten tor pomiarowy wykorzystywano do określenia amplitudy i częstotliwości drgań wprowadzanych na przedmiot szlifowany oraz obserwacji zachowania się układu wymuszającego drgania w czasie procesu szlifowania. Sygnały z indukcyjnych czujników przemieszczeń **7**, **8** i **9** są przekazywane przez wzmacniacze **10** i kartę akwizycji danych **11** (PCL-1800 firmy Advantech) do komputera **12**. Do pomiaru prędkości zespołu posuwowo – zwrotnego stołu szlifierki w funkcji czasu wykorzystano optyczny liniał **13** (LS405 firmy Heidenhein). Sygnał pomiarowy przesyłany jest z liniału **13** przez interpolator **14** (EXE 650B firmy Heidenhein), układ dopasowująco - formujący **15**, częstościomierz uniwersalny **16** (HP53131A firmy Hewlet Packard) do karty interfejsu **17** (IEEE-488 typ KPC-488.2AT firmy Keithley MetraByte) umieszczonej w komputerze PC **12**.

Na rysunku 5 przedstawiono przebieg drgań zbieranych z 4 czujników indukcyjnych i zapisanych w programie SCOPE firmy ADVANTECH. Wartości amplitud zmierzonych drgań zarejestrowane są w woltach. Czujniki 4 i 5 (rys. 5) przystawione były w układzie różnicowym do trzpienia pomiarowego wrzeciona, czujnik 7 do przymiaru kąтового stołu, natomiast czujnikiem 3 mierzone drgania stolika vibracyjnego. Sygnały napięciowe z czujników były poddawane obróbce w programie Excel pakietu MS Office firmy Microsoft.



Rys. 5. Przebieg drgań z 4 czujników indukcyjnych zapisany w programie SCOPE firmy ADVANTECH
 Fig. 5. The curves of displacement vs time registered by 4 inductive sensors and stored in program SCOPE of ADVANTECH Corp.

Tam odejmowano wartości sygnałów z czujników 4 i 5 oraz podzielono przez współczynnik czułości układu. Przebieg drgań wrzeciona na biegu luzem o częstotliwości 48 Hz zmierzony różnicowym układem bezstykowych czujników indukcyjnych ustawionych pionowo zilustrowano na rysunku 6.

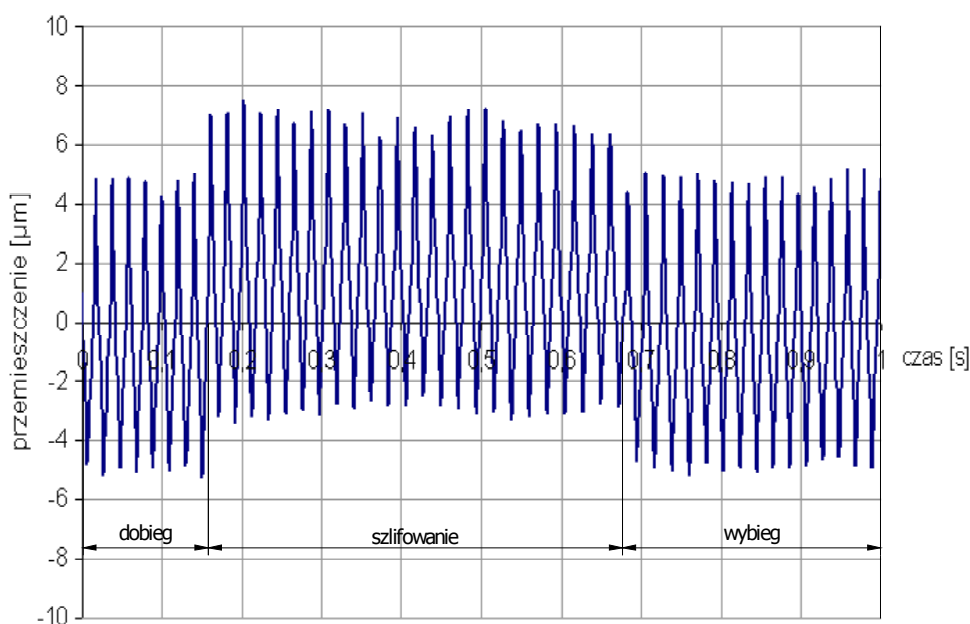


Rys. 6. Przebieg drgań pionowych wrzeciona na biegu luzem o częstotliwości 48 Hz zmierzony różnicowym układem bezstykowych czujników indukcyjnych

Fig. 6. The curve of spindle vertical vibration during an idle in – feed with frequency of 48 Hz measured by system of contactless inductive sensors

Drgania wrzeciona rejestrowane przez czujniki indukcyjne wynikają przede wszystkim z sumy błędów bicia wrzeciona, niewspółosiowego zamocowania trzpienia pomiarowego do wrzeciona, błędu okrągłości samego trzpienia (maks. $2\ \mu\text{m}$) oraz niewyważenia ściernicy. Podwójna amplituda drgań wrzeciona wynosi około $10\ \mu\text{m}$.

Przebieg drgań pionowych wrzeciona ściernicy obejmujący fazę dobiegu ściernicy, fazę szlifowania tradycyjnego i fazę wybiegu ściernicy przedstawiono na rysunku 7. W czasie fazy szlifowania nastąpiło ugięcie się wrzeciona ściernicy do góry od położenia środkowego. Natomiast nie ma zmiany wielkości podwójnej amplitudy drgań wrzeciona.



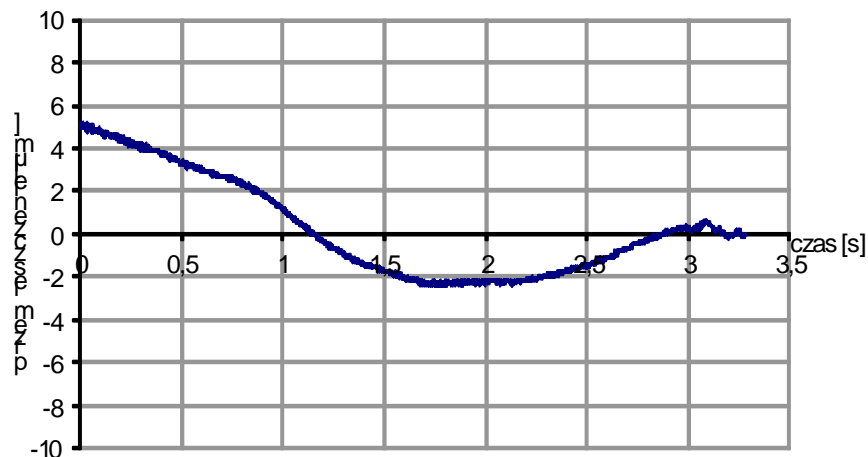
Rys. 7. Przeszyczenia pionowe wrzeciona w fazie dobiegu, w czasie szlifowania tradycyjnego i w fazie wybiegu dla następujących warunków obróbki: $a_e = 0,01\ \text{mm}$, $v_{ft} = 10\ \text{m/min}$, próbka ze stali 45

Fig. 7. The curve of spindle vertical vibration during an idle in – feed, during conventional grinding and coasting phase for the following machining conditions: $a_e = 0,01\ \text{mm}$, $v_{ft} = 10\ \text{m/min}$, workpiece of steel C45

Na rysunku 8 zilustrowano zmienność położenia stołu szlifierki w kierunku Z (pionowym) przesuwanego na prowadnicach ślizgowych z prędkością posuwu wzdłużnego $v_{ft} = 5\ \text{m/min}$ (bieg luzem).

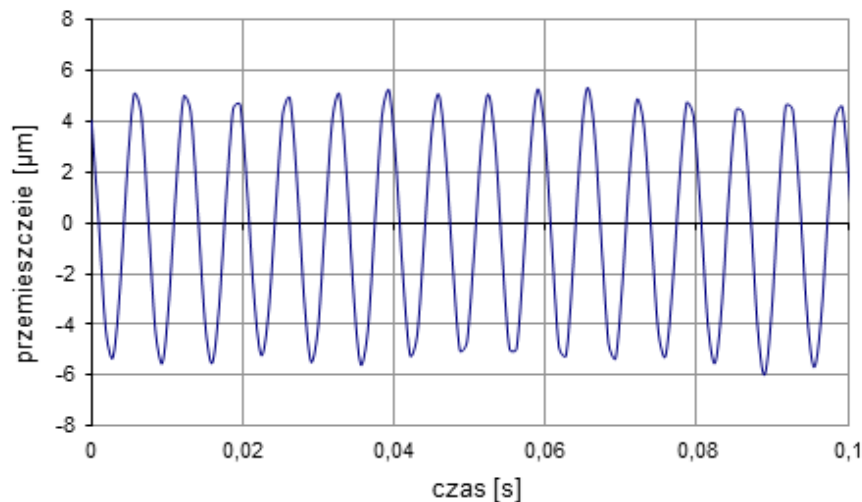
Przeszyczenie pionowe stołu podczas jego wzdłużnego ruchu po prowadnicach ślizgowych mierzone bezdotkowym czujnikiem indukcyjnym stanowi sumę błędu płaskości prowadnic i stołu, zmiennej grubości filmu olejowego (zależy od prędkości ruchu stołu) oraz błędu płaskości i ustawienia przymiaru kąтового δ (rys. 4) w stosunku do stołu szlifierki.

Na rysunku 9 pokazano przebieg drgań stolika wibracyjnego z częstotliwością $150\ \text{Hz}$, dla której podwójna amplituda wynosiła $10\ \mu\text{m}$.



Rys. 8. Przebieg w czasie przemieszczeń stołu szlifierki w kierunku Z (pionowym) przesuwanego na prowadnicach ślizgowych z prędkością posuwu wzdłużnego $v_{ft} = 5$ m/min

Fig. 8. The curve of displacement of grinder work table in vertical direction Z moving on slideways with velocity of longitudinal feed-rate $v_{ft} = 5$ m/min

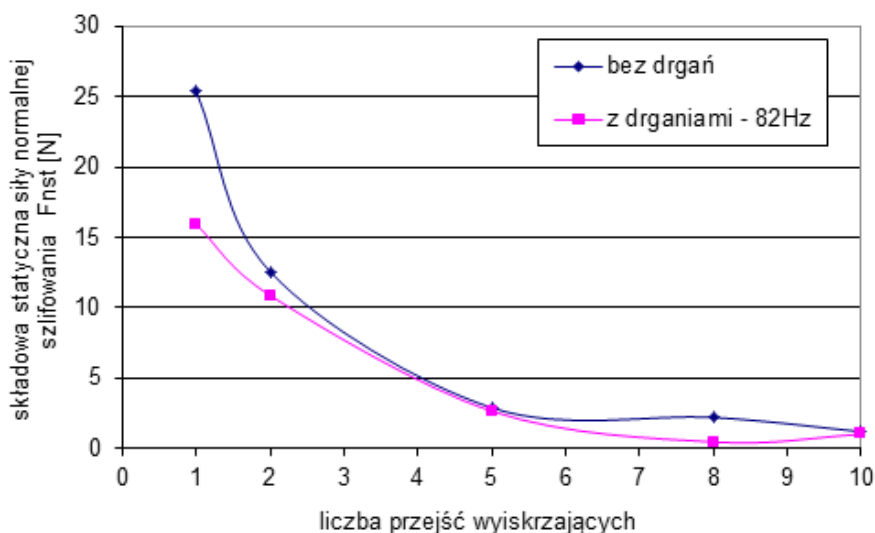


Rys. 9. Przebieg drgań stolika wibracyjnego z częstotliwością 150 Hz

Fig. 9. The curve of oscillatory work table vibration with frequency of 150 Hz

W czasie badań doświadczalnych podjęto próbę wyznaczenia w sposób pośredni siły szlifowania. Na podstawie wykresów drgań wrzeciona ściernicy (rys. 7) mierzonych indukcyjnymi czujnikami bezdotykowymi w układzie różnicowym można było określić ugięcie wrzeciona i zmianę amplitudy w mikrometrach. Znając statyczny współczynnik sztywności wrzeciona względem wrzeciennika w kierunku Z (pionowym) obliczono składową statyczną siły normalnej szlifowania. Wykres linii trendu składowej statycznej siły normalnej F_{nst} dla szlifowania tradycyjnego i wibracyjnego (częstotliwość 82 Hz) próbek ze

stali 45 przy użyciu ściernicy 1-A-200x20x51-38A 60 G12 VBEP-33 i z prędkością posuwu wzdłużnego $v_{ft} = 5$ m/min w funkcji liczby przejść wyiskrzających zaprezentowano na rysunku 10.



Rys. 10. Wykres linii trendu składowej statycznej siły normalnej szlifowania F_{nst} dla szlifowania tradycyjnego oraz wibracyjnego (częstotliwość 82 Hz) próbki ze stali 45 przy użyciu ściernicy 1-A-200x20x51-38A 60 G12 VBEP-33 i z prędkością posuwu wzdłużnego $v_{ft} = 5$ m/min

Fig. 10. The trend line curves of component of static normal force grinding F_{nst} during conventional as well as vibratory grinding (frequency 82 Hz) of workpiece of steel C45 with usage of grinding wheel 1-A-200x20x51-38A 60 G12 VBEP-33 and velocity of longitudinal feed-rate $v_{ft} = 5$ m/min

4. PODSUMOWANIE

W czasie projektowania, konstruowania i eksploatacji obrabiarki należy zwrócić szczególną uwagę na badanie dynamicznych procesów (drgań) zachodzących w jej układzie OUPN (obrabiarka – uchwyt – przedmiot obrabiany - narzędzie). Zjawiska te mają największy wpływ na właściwości użytkowe obrabiarek. Kształt i wymiary przedmiotu obrabianego otrzymywane są w wyniku ruchów względnych narzędzia i przedmiotu obrabianego. Stąd, dokładność obróbki określają między innymi odchylenia torów ruchów rzeczywistych od torów założonych. Rzeczywiste przemieszczenia pionowe wrzeciona szlifierki do wibracyjnego szlifowania płaszczyzn na biegu luzem (rys. 6) określono na poziomie 10 μm , natomiast przemieszczenie pionowe stołu podczas jego wzdłużnego ruchu (rys. 8) określono na poziomie 8 μm . Przemieszczenia pionowe wrzeciona w fazie dobiegu, w czasie szlifowania tradycyjnego i w fazie wybiegu (rys. 7) nie spowodowały zmiany wielkości podwójnej amplitudy drgań wrzeciona pomimo tego, że w fazie szlifowania nastąpiło ugięcie się wrzeciona ściernicy do góry. Na podstawie wykresów drgań wrzeciona ściernicy (rys. 7) wyznaczono w sposób pośredni składową statyczną siłę normalną szlifowania F_{nst} . Na podstawie wykresu zamieszczonego na rysunku 10 można stwierdzić, że wprowadzenie drgań do procesu szlifowania gładkościowego spowodowało nieznaczne

obniżenie wartości składowej statycznej siły normalnej szlifowania. Jednak, aby formułować jednoznaczne wnioski w tym zakresie, konieczne jest wykonanie bezpośrednich pomiarów składowych stycznej i normalnej siły szlifowania.

LITERATURA

- [1] ARANTES A. A., Da CUNHA P. M. R., 1970, *Two Cases of Forced Vibration in Grinding Machines*, Annals of the CIRP, 18, 425-434.
- [2] BECHCIŃSKI G., *Aktywne oddziaływanie poprzez drgania na zmniejszenie falistości szlifowanych powierzchni płaskich*, Praca Doktorska, Politechnika Łódzka, 2006.
- [3] HASHIMOTO F., YOSHIOKA J., 1985, *Sequential Estimation of Growth Rate of Chatter Vibration in Grinding Process*, Annals of the CIRP, 34/1, 271-275.
- [4] KALISZER H., SINGHAL P. D., 1969, *Contribution to the Analysis of Waviness Generated during Grinding*, Annals of the CIRP, 15, 245-251.
- [5] KWAPISZ L., RAFAŁOWICZ J., 1992, *Szlifierki*, WNT, Warszawa.
- [6] ORYŃSKI F., 2005, *Dynamika zespołów posuwowych szlifierek*, Monografia-162 strony, Wydawnictwa Politechniki Łódzkiej, Łódź.
- [7] ORYŃSKI F., BECHCIŃSKI G., 2003, *Doświadczalne badania procesu szlifowania wibracyjnego płaszczyzn*, XXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Łódź – Spała, 323-330.
- [8] ORYŃSKI F., PAWŁOWSKI W., 2004, *Simulation and Experimental Research of the Grinder's Wheelhead Dynamics*, International Journal of Vibration and Control, 10/6, 915-930.
- [9] WECK M., ALLDIECK J., 1989, *The Originating Mechanisms of Wheel Regenerative Grinding Vibration*, Annals of the CIRP, 38/1, 381-384.
- [10] WÓJTOWICZ J., 1996, *Szlifierki, drgania a jakość procesu szlifowania*. XIX Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Łódź – Bełchatów, 313-319.
- [11] WROTNY L. T., 1973, *Podstawy konstrukcji obrabiarek*, WNT, Warszawa.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE DYNAMICS OF THE SURFACE GRINDER DURING AN IDLE STROKE AS WELL AS VIBRATORY GRINDING

In the article the experimental research of the dynamics of the machine - chuck – workpiece - tool system during conventional and vibratory surface grinding have been included. During vibratory grinding process the external forced vibration have been superimposed to the constant feed velocity of the workpiece. Experimental tests have been conducted during an idle in - feed as well as longitudinal vibratory grinding performed on serial surface grinding machine SPC-20.