

Mgr inż. Michał SKRZYNIARZ; dr inż. Łukasz NOWAKOWSKI;
dr hab. inż. Edward MIKO, prof. PŚk (Politechnika Świętokrzyska):

OPRACOWANIE METODY POMIARÓW PRZEMIESZCZEŃ WZGLĘDNYCH NARZĘDZIA I PRZEDMIOTU OBRABIANEGO PODCZAS TOCZENIA

Streszczenie

Prezentowano dotychczasowe stanowiska badawcze służące do pomiaru przemieszczeń narzędzia i przedmiotu obrabianego w trakcie procesu toczenia. Omówiono główne wady tych stanowisk i zaprezentowano autorskie stanowisko do pomiarów przemieszczeń względnych w układzie „narzędzie – przedmiot obrabiany” podczas toczenia.

Słowa kluczowe: toczenie, przemieszczenia względne

DEVELOPMENT OF A MEASUREMENT METHOD OF RELATIVE DISPLACEMENTS OF THE TOOL AND THE WORKPIECE DURING TURNING

Abstract

The hitherto existing test rigs for measurement of displacements of the tool and the workpiece in the process of turning have been presented. The main disadvantages of these rigs were discussed and an original test rig for measurement of relative displacements in the “tool – workpiece” system during turning was presented.

Keywords: turning, relative displacements

OPRACOWANIE METODY POMIARÓW PRZEMIESZCZEŃ WZGLĘDNYCH NARZĘDZIA I PRZEDMIOTU OBRABIANEGO PODCZAS TOCZENIA

Michał Skrzyniarz, Łukasz Nowakowski, Edward Miko¹

1. WPROWADZENIE

Podczas pomiaru struktury geometrycznej powierzchni w procesie przetwarzania sygnału składowe są rozdzielane i osobno przetwarzane. Powodem tego zdarzenia są różne przyczyny występowania poszczególnych błędów i tak czynnikami wpływającymi na błąd kształtu są np. zużycie prowadnic obrabiarki, sposób zamocowania przedmiotu obrabianego, sposób jego podparcia, a także strzałka ugięcia będąca wynikiem oddziaływania sił skrawania na przedmiot obrabiany [1]. Błędy falistości generowane są głównie przez drgania występujące w układzie OUPN, natomiast chropowatość jest głównie wynikiem odwzorowania ostrza skrawającego na materiał oraz występowaniem drgań o małej amplitudzie [1]. Przemieszczenia generowane podczas obróbki skrawaniem są bardzo ważne, ponieważ ich wartość wpływa bezpośrednio na strukturę geometryczną wytwarzanej powierzchni, zużycie ostrza skrawającego, siły skrawania generowane podczas procesu skrawania i są przyczyną uciążliwego hałasu podczas obróbki [2,3]. Wartość drgań narzędzia jest również uzależniona od parametrów technologicznych procesu skrawania.

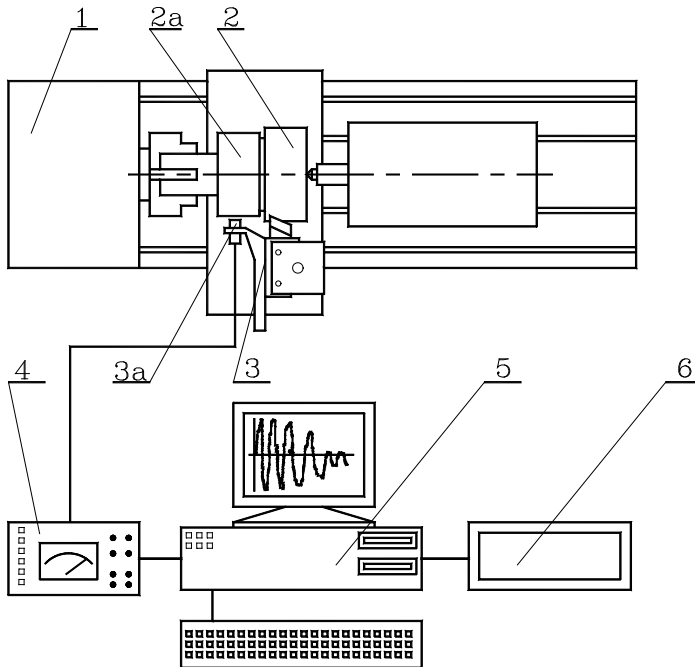
2. PRZEGLĄD ISTNIEJĄCYCH METOD POMIARU PRZEMIESZCZEŃ

Stanowiska do pomiaru przemieszczeń w układzie przedmiot obrabiany-narzędzie podczas toczenia sprowadzają się głównie do trzech rodzajów zastosowanych czujników: czujników przyspieszenia, czujników indukcyjnych oraz czujników optycznych.

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii

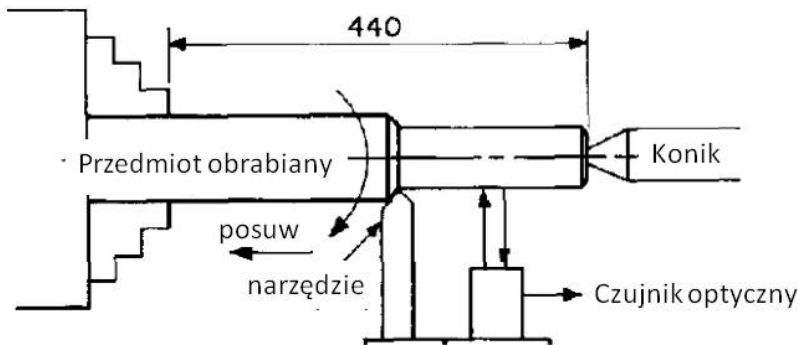
Każdy sposób pomiarów przemieszczeń za pomocą któregoś z w/w czujników ma swoje ograniczenia.

Znane jest stanowisko do pomiaru przemieszczeń względnych w układzie narzędzie – przedmiot obrabiany, gdzie powierzchnia cylindryczna wałka ustalającego, szczególnie starannie wykonana (szlifowana), stanowi bazę pomiarową dla bezstykowego, indukcyjnego czujnika przemieszczeń. Podczas pomiarów próbka jest sztywno związana z bieżnią pomiarową a czujnik jest sztywno związany z ostrzem narzędzia w wyniku zblokowania podzespołu pomiarowego z podzespołem roboczym [4].



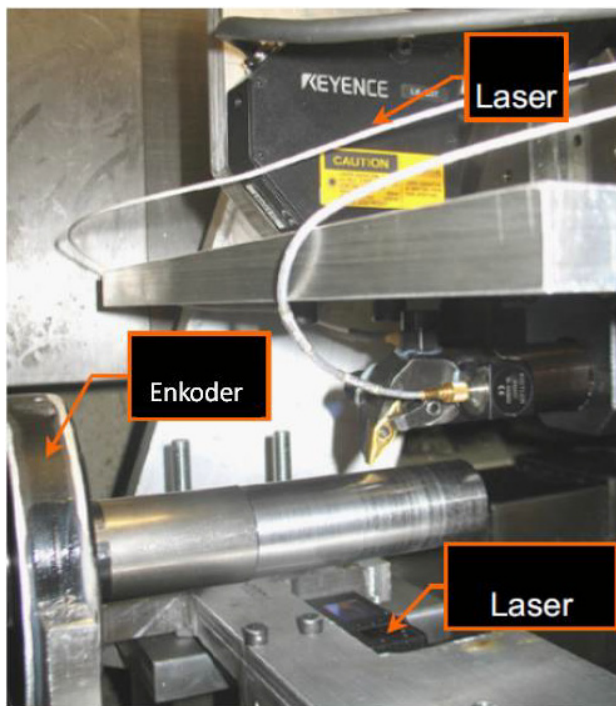
Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego do pomiaru drgań względnych narzędzia i przedmiotu obrabianego podczas toczenia skośnego: 1 – tokarka, 2 – zespół przedmiotu obrabianego, 2a – bieżnia pomiarowa, 3 – zespół narzędzia, 3a – bezstykowy indukcyjny czujnik pomiarowy, 4 – elektryczny tor pomiarowy, 5 – zestaw komputerowy, 6 – drukarka wg [4]

W pracy S.K. Choudhury i M.S, Sharath [5] przemieszczenia względne pomiędzy narzędziem a przedmiotem obrabianym są mierzone za pomocą czujnika optycznego (rys.2.). Podobne podejście możemy dostrzec w pracy Y.Uda, T.Kohno i T.Yazawa [6], gdzie naukowcy również w swoim stanowisku zastosowali czujnik optyczny do pomiarów przemieszczeń.



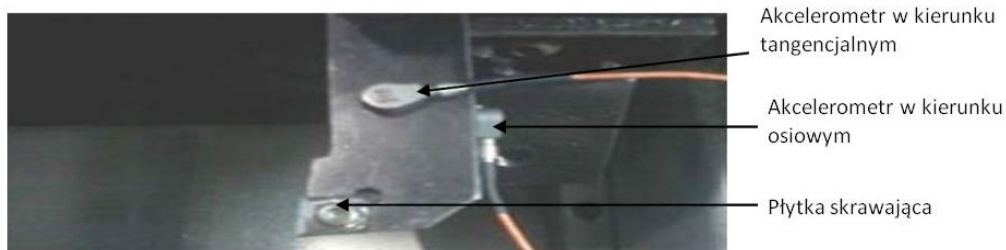
Rys. 2. Stanowisko do pomiaru przemieszczeń z wykorzystaniem czujnika optycznego wg [5]

Na rysunku 3. jest przedstawione stanowisko autorstwa A.A. Cardi, H.A. Firpi, M.T. Bement i S.Y. Liang [7], w którym to liniowe przemieszczenia narzędzia skrawającego i promieniowe przemieszczenia przedmiotu obrabianego są mierzone za pomocą lasera.

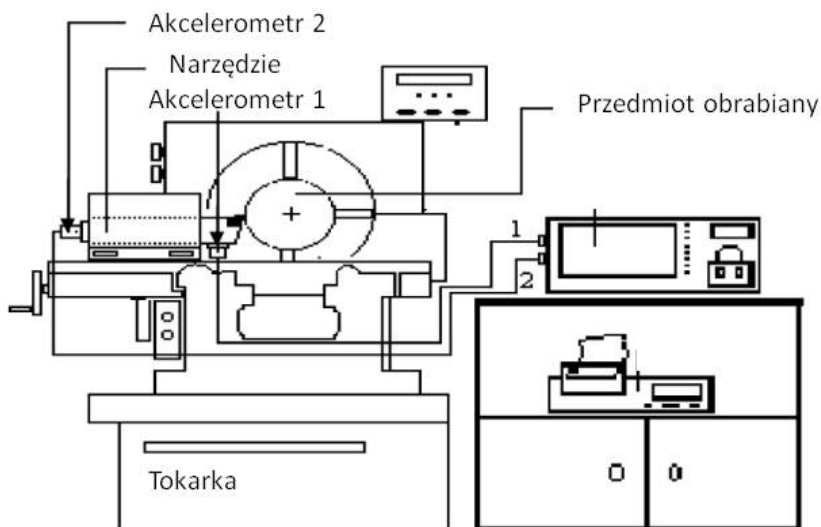


Rys. 3. Stanowisko badawcze: wszystkie czujniki wraz ze sprzętem pomiarowym wg [7]

Ostatnim rodzajem spotykanych w literaturze urządzeń do pomiaru przemieszczeń jest zastosowanie czujników przyspieszenia. Na rysunku 4 i 5 zauważamy, że najczęściej czujniki te mocowane są bezpośrednio do noża tokarskiego [3,8,9,10,11,12,13,14] lecz w jednej z prac został on umieszczony bezpośrednio na koniku podtrzymującym przedmiot obrabiany [15]. Zastosowanie czujników przyspieszenia tzw. akcelerometrów pozwala na badanie przyspieszenia w trzech niezależnych kierunkach za pomocą jednego czujnika w porównaniu z poprzednimi stanowiskami to stanowisko jest dużo prostsze. Metoda ta wymaga podwójnego całkowania otrzymanych wyników w celu otrzymania wartości przemieszczenia.

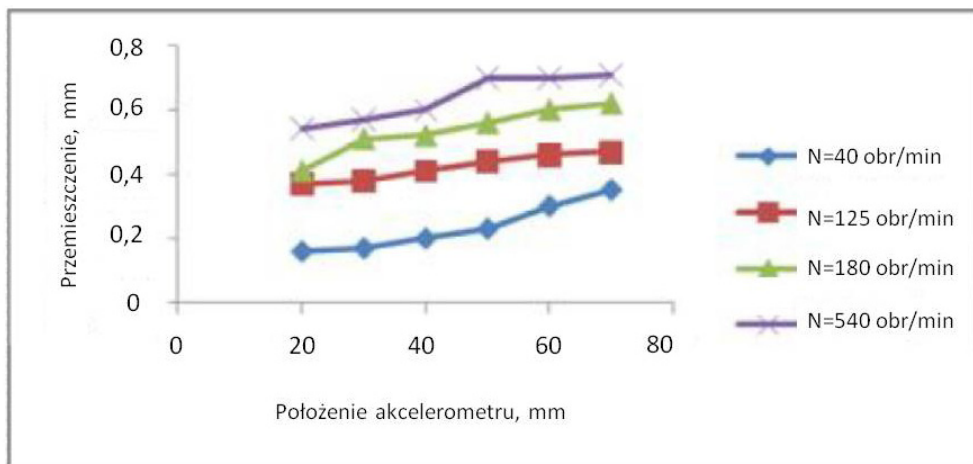


Rys. 4. Stanowisko do pomiaru przemieszczeń z wykorzystaniem akcelerometru wg [12]



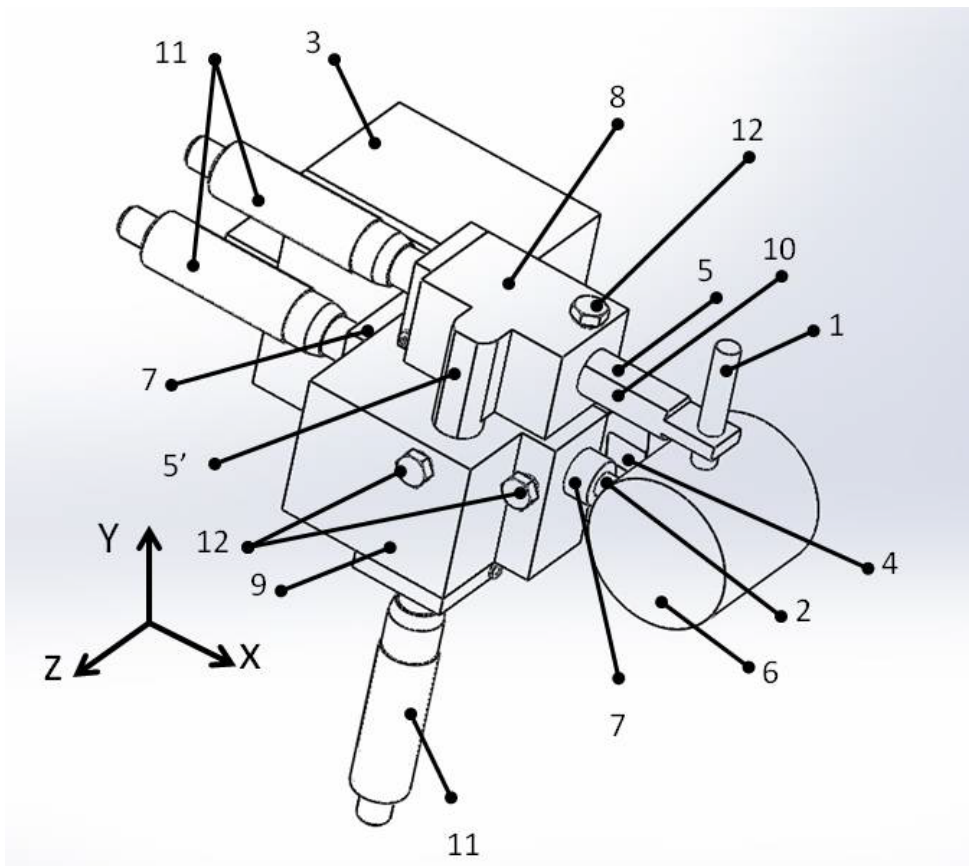
Rys. 5. Schemat stanowiska pomiarowego przemieszczeń bezwzględnych wg [14]

Wszystkie opisane do tej pory stanowiska pomiarowe mają pewne ograniczenia. W przypadku zastosowania czujników optycznych i laserowych ograniczeniem jest możliwość przeprowadzenia eksperymentu z podawaniem obfitego chłodzenia ponieważ grozi to albo przerwaniem wiązki laserowej lub zmianami refleksyjności powierzchni. Problem ten wyeliminowany jest w przypadku zbudowania stanowiska pomiarowego w oparciu o czujniki przyspieszenia. Jednak ograniczeniem tej metody jest określenie wiarygodnego wyniku, ponieważ jak pokazano na rys. 6 w pracy B.A. Bedaiwi [13] otrzymane wartości przyspieszenia, przemieszczenia oraz częstotliwość tych drgań uzależniona jest od miejsca położenia akcelerometru na nożu tokarskim.



Rys. 6. Przemieszczenie w funkcji położenia akcelerometru wg[13]

W celu wyeliminowania powyższych ograniczeń zaproponowano nowe stanowisko do pomiarów przemieszczeń względnych w układzie narzędzie - przedmiot obrabiany mocowane bezpośrednio do oprawki VDI.



Rys. 7. Schemat stanowiska do pomiaru przemieszczeń względnych w układzie narzędzie - przedmiot obrabiany wg [16], 1-czujnik nr 1, 2-czujnik nr 2, 3-Oprawka VDI, 4-narzędzie, 5-płaska powierzchnia, 5'-płaska powierzchnia, 6-przedmiot obrabiany (wałek), 7-prowadnica, 8-korpus, 9-korpus oprawki, 10-trzpień, 11-śruba regulująca, 12-śruba kontrująca

Dzięki zastosowaniu czujników wiroprowadowych możliwe jest prowadzenie pomiarów podczas obfitego podawania cieczy chłodząco - smarującej, w tej metodzie zastosowano drugi czujnik pomiarowy pod kątem prostym do pierwszego czujnika umożliwiając pomiar przemieszczeń względnych w kierunku promieniowym jak i stycznym. W celu wyeliminowania problemów występujących ze zmianą sztywności układu w przypadku czujników przyspieszenia korpus w którym umiejscowiony jest czujnik przemieszczeń przylega na całej długości do noża tokarskiego. Na rysunku nr 7 przedstawiono wyżej opisane stanowisko. Bezkontaktowe czujniki przemieszczenia posiadają zakres pomiarowy 1mm, rozdzielczości 0,005% i częstotliwości pomiaru 14 kHz.

3. PODSUMOWANIE

W wyniku przeprowadzonej analizy literaturowej metod pomiaru przemieszczeń względnych w układzie N-PO podczas toczenia wzdłużnego stwierdzono, że obecnie stosowane metody posiadają pewne ograniczenia w postaci:

- rodzaju zastosowanych czujników,
- odsuwanie czujnika na pewną odległość od przedmiotu obrabianego,
- pomiar w jednej płaszczyźnie.

Dlatego zaproponowano nowe stanowisko do pomiaru przemieszczeń względnych w układzie narzędzie - przedmiot obrabiany pozbawione ograniczeń wynikających z poprzednich metod pomiarowych.

Stanowisko to wykorzystuje zamocowane dwa prostopadłe do siebie czujniki wiroprowadowe.

LITERATURA

- [1] WIECZOROWSKI M., CELLARY A., CHAJDA J., *Przewodnik po pomiarach nierówności powierzchni czyli o chropowatości i nie tylko*, Poznań 2003,
- [2] CHOUDHURY S.K., GOUDIMENKO N.N., KUDINOV V.A., *On-line control of machine tool vibration in turning*, Int. J. Mach. Tools Manufact. Vol 37. No.6, 1997, 801-811.
- [3] TARNG Y.S., KAO J.Y., Lee E.C., *Chatter suspension in turning operations with a turned vibration absorber*, Journal of Materials Processing Technology 105, 2000, 55-60.
- [4] MIKO E., *Konstytuowanie mikronierówności powierzchni metalowych obrabianych narzędziami o zdefiniowanej stereometrii ostrzy*, Monografie, studia, rozprawy, Kielce 2004.
- [5] CHOUDHURY S.K., SHARATH M.S., *On-line control of machine tool vibration during turning operation*, Journal of Materials Processing Technology 47, 1995, 251-259.
- [6] UDA Y., KOHNO T., Yazawa T., *In-process measurement and workpiece-referred from accuracy control system (WORFAC): application to cylindrical turning using an ordinary lathe*, Precision Engineerinf 18, 1996, 50-55.
- [7] CAEDI A.A., FIRPI H.A., BEMENT M.T., LIANG S.Y., *Workpiece dynamic analysis and prediction during chatter of turning process*, Mechanical Systems and Signal Processing 22, 2008, 1481-1494.
- [8] KIBRY E.D., CHEN J.C., *Development of a fuzzy-nets-based surface riughness prediction system in turning operations*, Computers & Industrial Engineering 53, 2007, 30-42.
- [9] ABOUELATTA O.B., MÁDL J., *Surface roughness prediction based on cutting parameters and tool vibrations in turning operations*, Journal of Materials Processing technology 118, 2001, 269-277.
- [10] Lu. C., *Study on prediction of surface quality in machining process*, Journal of Materials Processing Technology 205, 2008, 439-450.
- [11] UPADHYAY V., JAIN P.K., MAHTA N.K., *In-process prediction of surface roughness in turning of Ti-6Al-4V alloy using cutting parameters and vibration signals*, Measurement 46, 2013, 154-160.
- [12] ABUTHAKEER S.S., MOHANRAM P.V., MOHAN KUMAR G., *Prediction and control of cutting tool vibration in cnc lathe with Anova and Ann*, International Journal of Lean Thinking, vol. 2, issue 1, 2011, 1-23.

- [13] BEDAIWI B.A., *Experimental and numerical study of turning cutting tools random vibration towards mitigation*, Journal of Engineering and development, Vol.17, No.3, 2013, 86-94.
- [14] GHANI A.K., CHOUDHURY I.A., HUSNI, *Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool*, Journal of Materials Processing Technology, 127, 2002, 17-22.
- [15] LIN S.C., CHANG M.F., *A study on the effects of vibrations on the surface finish using a surface topography simulation model for turning*, International Journal of Machine Tool & Manufacture, 38, 1998, 763-782.
- [16] NOWAKOWSKI Ł., SKRZYNIARZ M., MIKO E., ADAMCZAK S., RADZISZEWSKI L., *Oprawka narzędziowa do pomiaru przemieszczeń względnych*, Zgłoszenie patentowe nr P.412431.