

Analiza zużycia płytek wymiennych przy szybkościowym frezowaniu żeliwa szarego frezami czołowymi

Analysis of the inserts wears when high speed milling of the cast iron with face mills

EUGENE FELDSHTEIN
PAVEL SERENKOV
ROLAND MRUGALSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.439

Przedstawiono wyniki badań rozkładów prawdopodobieństwa zużycia powierzchni roboczych płytek wymiennych z węgla spiekane przy frezowaniu szybkościowym elementów z żeliwa szarego GG25. Ustalono, że w przypadkach, gdy na kształtowanie zużycia wpływają przeważnie stabilne procesy zużywania, rozrzuty wartości zużycia najdokładniej opisuje się rozkładem normalnym lub rozkładami, dość do niego bliskimi. W przypadkach, gdy na kształtowanie zużycia wpływają przypadkowe jednostkowe czynniki, bardziej uzasadnionym jest zastosowanie rozkładu Chi-kwadrat Pearsona lub rozkładu wykładniczego. Największy poziom prawdopodobieństwa między rozkładem empirycznym i teoretycznym wartości zużycia ujawnił test zgodności Chi kwadrat obliczony dla strefy naroża. **SŁOWA KLUCZOWE:** frezowanie czołowe szybkościowe, żeliwo szare, płytki wymienne, zużycie, prawidłowości statystyczne

The results of the study of distribution laws for the wear of work surfaces of the carbide inserts when high-speed milling of parts of cast iron GG25 are presented. In cases when advantageously stable wear processes affect the formation of the wear areas, wear values distribution is most closely described by a normal distribution law or laws that are sufficiently close to it. In cases when random single effects influence on the wear formation, more reasonable is the application of Pearson distribution law or an exponential law. The highest consent level between the empirical and theoretical distribution laws was calculated for a chi square test for the nose wear.

KEYWORDS: high speed face milling, cast iron, inserts, wear, statistical regularities

Wprowadzenie. Żeliwo szare obecnie szeroko wykorzystuje się w produkcji bloków i głowic silników spalinowych z powodu swoich właściwości mechanicznych i fizycznych. Badania szczegółów zużycia narzędzi stają się konieczne do prawidłowego doboru parametrów obróbki i zmniejszenia ogólnego czasu przestojów maszyny technologicznej w celu wymiany narzędzi, a szczególnie na współczesnych skomputeryzowanych liniach automatycznych (transfer lines).

W pracy [1] rozpatrzono przyczyny zużycia i trwałość frezów czołowych przy obróbce wysoko-prędkościowej na sucho stopowanego żeliwa szarego oraz żeliwa sferoidalnego z grafitem zagęszczonym. We wszystkich przypadkach większe zużycie zaobserwowano na powierzchni przyło-

żenia. Możliwości zwiększenia efektywności frezowania wysoko-prędkościowego żeliwa szarego (do 2000 m/min) badano w [2]. Wykorzystanie ostrzy z materiałów super-twardych typu PcBN i CBN zapewnia wysoką trwałość frezów i bardzo niską chropowatość powierzchni obrabianej. W badaniu [3] zaznaczono, że przy frezowaniu żeliwa sferoidalnego z grafitem zagęszczonym trwałość frezów obniża się 20 razy w porównaniu z obróbką żeliwa szarego. W artykule [4] podjęto próbę określenia mechanizmów tarcia i zużycia przy obróbce żeliwa szarego G-3500, ich wzajemnej zależności i zmian w czasie. Zaproponowano model opisujący przyczyny powstawania połączeń i oddzielania cząstek zużycia. W badaniu [5] określono skrawalność i szczegóły zużycia narzędzi powlekanych przy frezowaniu czołowym na sucho żeliwa sferoidalnego z grafitem zagęszczonym. Wykorzystanie powłok zapewniło wzrost efektywności obróbki oraz lepszą jakość powierzchni obrabianej. W badaniu [6] zaproponowano model regresyjny opisujący zmiany w czasie zużycia powierzchni przyłożenia frezów czołowych w zależności od parametrów obróbki. W pracy [7] dokonano porównania skrawalności żeliwa szarego GG25 w zależności od składników jego struktury. W [8] pokazano wpływ parametrów skrawania na siły frezowania przy obróbce żeliwa szarego na sucho i ustalono parametry najbardziej efektywne z punktu widzenia minimalizacji sił skrawania.

Tak więc, w literaturze przedstawiono dane o racjonalnych warunkach frezowania żeliw szarych lecz nie rozpatrzono rozkłady statystyczne wartości zużycia powierzchni roboczych frezów.

Celem badań jest analiza rozkładów statystycznych wartości zużycia powierzchni płytek wymiennych przy czołowym frezowaniu z dużymi prędkościami elementów z żeliwa szarego na centrum obróbkowym.

Warunki badań

Jako materiał obrabiany wykorzystano żeliwo szare z grafitem płytkowym typu GG25 EN-GJL200 o twardości HB 170÷220. Frezowanie czołowe realizowano na poziomym prędkościowym centrum obróbkowym Excello XHC-241 CNC Machining – Transfer Machine. Wykorzystano czołową głowicę frezarską firmy Ingersoll z węgla spiekane o średnicy 345 mm posiadającą 40 płytek wymiennych NND-WSP 313-111 do obróbki przejściowej i 8 płytek YXD-WSP 323-101 do obróbki wykończeniowej. Jako materiał płytek przejściowych wykorzystano gatunek węgla spiekane IN 2010 (ISO K20-K50) z powłoką TiCN+Al₂O₃+TiN, natomiast płytek do obróbki wykończe-

* Prof. dr hab. inż. Eugene Feldshtein (e.feldshtein@ibem.uz.zgora.pl) – Uniwersytet Zielonogórski; doc. dr hab. inż. Pavel Serenkov (pavelserekov@bntu.by) – Białoruski Narodowy Uniwersytet Techniczny; mgr inż. Roland Mrugalski (roland.mrugalski@wp.pl) – VW Motor Polska Polkowice

nowiej gatunek IN 6530 (ISO K10-K30) z powłoką TiAlN. Naddatek na obróbkę przejściową wynosił $0,3 \pm 0,7$ mm, naddatek na obróbkę wykończeniową $0,05$ mm, długość frezowania 390 mm. Prędkość frezowania wynosiła ~ 5560 m/min, posuw 1700 mm/min. Nastawienie położenia i bicia płytek realizowano przy pomocy wysokościomierza ABSOLUTE Digimatic serii 570 Mechanical Dual Comparator 1003 z dokładnością $1 \mu\text{m}$ (rys. 1). Pomiarów wartości zużycia dokonano przy pomocy uniwersalnego mikroskopu cyfrowego Dino-Lite AM7013MZT z dokładnością $0,001$ mm. Obróbkę statystyczną wyników pomiarów wartości zużycia dokonano wykorzystując komplet programów Statystyka 12.



Rys. 1. Nastawianie głowicy frezarskiej na wymiar przy pomocy wysokościomierza: 1 – płytka przejściowa, 2 – płytka wykończeniowa

Wyniki badań i ich analiza

Analiza zużycia płytek do obróbki przejściowej ujawniła obecność wszystkich uszkodzeń charakterystycznych dla płytek z węgla spiekane (rys. 2).



Rys. 2. Nowa i zużyte płytki po frezowaniu szybkościowym żeliwa szarego

Oceniano rozkłady empiryczne wartości zużycia w różnych strefach ostrza skrawającego oraz prawdopodobieństwo tego, że dobrane rozkłady teoretyczne będą właściwe. Rozpatrywano następujące rozkłady: normalny, lognormalny, gamma, wykładniczy oraz χ^2 Pearsona.

Wyniki analizy zgodności rozkładów pokazały, że największą moc (poziom ufności) ma test zgodności dla wartości zużycia w strefie naroża (tabl. I). Pośrednio potwierdza to charakterystyczny wygląd zużycia (patrz rys. 2). Tak, więc, rozkład wartości zużycia w strefie naroża można stosować w celu sterowania i ulepszania konstrukcji badanego frezu czołowego i procesu szybkościowego frezowania.

TABLICA I. Wartości testów zgodności Kolmogorova-Smirnova λ i Pearsona χ^2

Rozkład	Powierzchnia przyłożenia	Powierzchnia natarcia	Naroże
Normalny	$\lambda=0,087$ $\chi^2=4,455$	$\lambda=0,138$ $\chi^2=15,20$	$\lambda=0,058$ $\chi^2=3,003$
Wykładniczy	$\lambda=0,44$ $\chi^2=63,67$	$\lambda=0,300$ $\chi^2=32,58$	$\lambda=0,299$ $\chi^2=46,09$
Gamma	$\lambda=0,124$ $\chi^2=5,313$	$\lambda=0,088$ $\chi^2=1,415$	$\lambda=0,100$ $\chi^2=3,99$
Lognormalny	$\lambda=0,153$ $\chi^2=8,44$	$\lambda=0,052$ $\chi^2=0,500$	$\lambda=0,115$ $\chi^2=4,664$
χ^2 (Pearsona)	$\lambda=0,723$ $\chi^2=112,79$	$\lambda=0,710$ $\chi^2=173,50$	$\lambda=0,581$ $\chi^2=67,5$

Wartości testów mniejsze od krytycznych oznaczono na szaro.

Podsumowanie

Zastosowanie metod analizy statystycznej do określenia rozkładów podobieństwa zmian wartości zużycia powierzchni roboczych narzędzi skrawających pozwala określić „słabe ogniwo” i na tej podstawie podejmować decyzje w kwestii ulepszania konstrukcji narzędzia i procesu technologicznego.

LITERATURA

- Da Silva M.B., Naves V.T.G., De Melo J.D.B., De Andrade C.L.F., Guesser W.L. "Analysis of wear of cemented carbide cutting tools during milling operation of gray iron and compacted graphite iron". *Wear*. Vol. 271, No. 9÷10 (2011): pp. 2426÷2432.
- Kato H., Shintani K., Sumiya H. "Cutting performance of a binder-less sintered cubic boron nitride tool in the high-speed milling of gray cast iron". *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 127, No. 2 (2002): pp. 217÷221.
- Heck M., Ortner H.M., Flege S., Reuter U., Ensinger W. "Analytical investigations concerning the wear behavior of cutting tools used for the machining of compacted graphite iron and grey cast iron". *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. Vol. 26, No. 3 (2008): pp. 197÷206.
- Terheci M., Manory R.R., Hensler J.H. "The friction and wear of automotive grey cast iron under dry sliding conditions. Part 2. Friction and wear – particle generation mechanisms and their progress with time". *Wear*. Vol. 185, No. 1÷2 (1995): pp. 119÷124.
- Chen M., Jiang L., Guo G., An Q. "Experimental and FEM Study of Coated and Uncoated Tools Used for Dry Milling of Compacted Graphite Cast Iron". *Transactions of Tianjin University*. Vol. 17 (2011): pp. 235÷241.
- Pimenov D. Yu. "The Effect of the Rate Flank Wear Teeth Face Mills on the Processing". *Journal of Friction and Wear*. Vol. 34, No. 2 (2013): pp. 156÷159.
- Dias L.R.M., Diniz A.E. "Effect of the gray cast iron microstructure on milling tool life and cutting force". *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. Vol. 35, No. 1 (2013): pp. 17÷29.
- Li B. "An experimental investigation of dry cutting performance for machining gray cast iron with carbide coating tool". *International Journal of Advanced Manufacture Technology*. Vol. 71, No. 5÷8 (2014): pp. 1093÷1098.