

Zmiany właściwości mechanicznych i fizycznych zębów walcowych kół zębatych po szlifowaniu

Changes in mechanical and physical properties of cylindrical gear teeth grinding

TADEUSZ ZABOROWSKI
WŁODZIMIERZ SEREBRIAKOW *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.378

W pracy przedstawiono wyniki badań zębów walcowych kół zębatych po szlifowaniu. Badano zmianę właściwości mechanicznych i fizycznych przed szlifowaniem i po szlifowaniu. Wskazano na zmiany, jakie zachodzą po procesie szlifowania powierzchni ewolwentowych zębów walcowych kół zębatych. Przedstawiono wyniki badań dla różnych modułów i szerokości zębów z uwzględnieniem zmiennych warunków szlifowania.
SŁOWA KLUCZOWE: koła zębate walcowe, właściwości mechaniczne, zarys ewolwentowy zęba

The paper presents the results of tooth cylindrical gears grinding. We studied changing the mechanical and physical properties before sanding and sanding. They pointed to the changes that occur after the process of grinding the teeth of involute cylindrical gears. The results of studies for the various modules and the width of the teeth, taking into account the changing conditions of grinding.

KEYWORDS: drive gears, mechanical properties, outlines involute

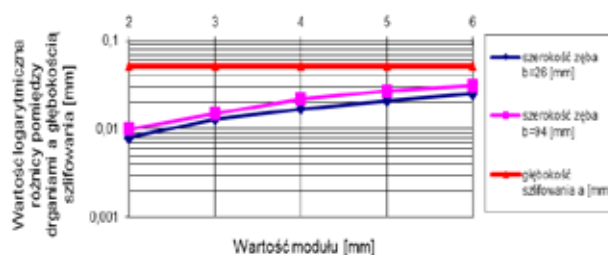
Badania ewolwentowych zębów walcowych kół zębatych prowadzono na szlifierce Niles typu ZSTZ 315C1, której charakterystyka jest zwarta w pracy [1]. Do badań zastosowano ściernicę typu T1Q o parametrach podanych w pracy [1], materiał na koła zębate omówiono w pracy [1], zastosowano parametry przedstawione w pracy [1].

Naprężenia ostateczne, zalegające w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych, badano na głowie zęba, średnicy podziałowej zęba i stopie zęba przy zastosowaniu metody rentgenowskiej $\sin^2\varphi$ [1]. Powierzchnia ewolwentowa zęba była trawiona metodą elektrochemiczną, a następnie poddawana pomiarom [1].

Wpływ drgań powstających w procesie szlifowania na naprężenia ostateczne w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych

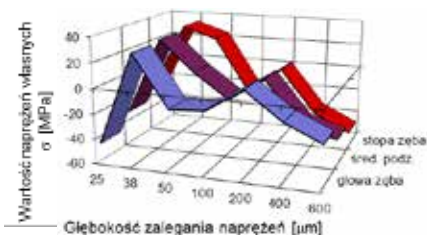
Drgania powstające w układzie OUPN spowodowane są nie tylko zużywaniem się ściernicy, ale wynikają także z reakcji energetycznej układu [1]. Dla naprężeń ostatecznych, powstających w warstwie wierzchniej ewolwentowych zębów kół zębatych, oznacza to zmiany wielkości naprężeń ostatecznych i odmienny charakter tych naprężeń [1]. W punkcie styku ściernicy z powierzchnią zęba koła zębatego ciągle zmienia ulega grubość warstwy skrawanej, także z uwagi na dynamikę układu OUPN, co prowadzi do szeregu zmian w warstwie wierzchniej [1]. Zmiana mikrotwardości ewolwentowej powierzchni zęba koła zębatego w wyniku nierównomiernego skrawania wpływa na zmiany mikrotwardości, błąd kształtu i jego wielkość [1]. Sinusoidalny przebieg procesu szlifowania w punkcie styku ściernicy z obrabianym przedmiotem prowadzi do

zmiany sił skrawania [1], a amplituda drgań ten proces wzmacnia. Jeżeli siły skrawania rosną [1] przy zmiennej częstotliwości drgań, to wywoływane są zmiany grubości skrawanej warstwy, a ta niestabilność procesu prowadzi do szybszego zużycia ściernicy [1]. Na rys. 1 przedstawiono zmiany głębokości szlifowania wskutek zmiany amplitudy drgań w tym procesie.



Rys. 1. Zależność pomiędzy głębokością szlifowania a amplitudą drgań przy $n_s = 261 \text{ min}^{-1}$, $p_o = 620 \text{ mm/min}$

Zmiana głębokości szlifowania spowodowana zmienną amplitudą drgań wskazuje na związki z wielkością modułu i szerokością zęba koła zębatego. Zatem im większa masa koła zębatego, tym bardziej wzrasta amplituda. Jeżeli wielkość amplitudy będzie większa od głębokości skrawania, to ściernica nie skrawa materiału, tylko występuje zjawisko tarcia ściernicy o materiał, a to prowadzi do szeregu zmian w warstwie wierzchniej zęba koła zębatego. Ma to ważne znaczenie z punktu widzenia kreowania naprężeń ostatecznych w warstwie wierzchniej zęba koła zębatego i umożliwia unikanie przypaleń tej warstwy [1]. Rozkład, charakter i zmiany naprężeń ostatecznych w warstwie wierzchniej zęba koła zębatego pozwalają ocenić właściwości tej warstwy (rys. 2).



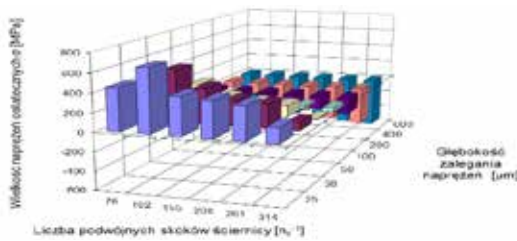
Rys. 2. Wpływ amplitudy drgań (u) na wielkość i znak naprężeń ostatecznych; $n_s = 208 \text{ min}^{-1}$, $a = 0,0525 \text{ mm}$, $p_o = 440 \text{ mm/min}$, $u = 2,149\text{E-}06 \text{ m}$

Ważną rolę w procesie szlifowania zębów kół zębatych odgrywa częstotliwość drgań [1], która prowadzi do zmiany głębokości skrawania.

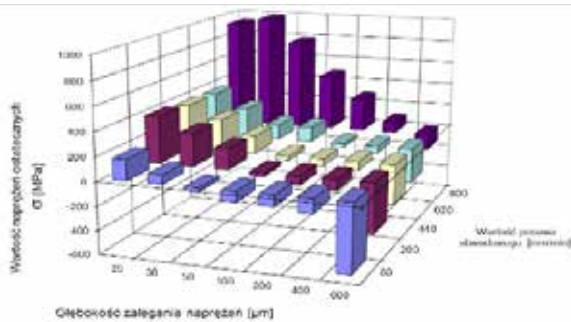
Wpływ parametrów szlifowania na charakterystykę warstwy wierzchniej zębów kół zębatych

Przeprowadzono badania wpływu wielkości liczby podwójnych skoków ściernicy (rys. 3), posuwu obwodowego (rys. 4) i głębokości szlifowania (rys. 5) na naprężenia ostateczne zalegające w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych.

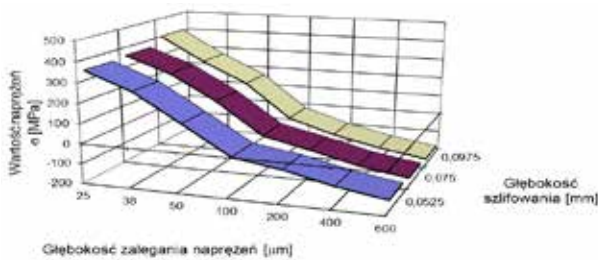
* Prof. dr hab. inż. Tadeusz Zaborowski, dr h.c. (tazab@sukurs2.pl) – Politechnika Poznańska; prof. zw. dr hab. inż. Włodzimierz Serebriakow (v.serebrjakov@ibem.uz.zgora.pl) – Uniwersytet Zielonogórski



Rys. 3. Naprężenia rozciągające w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych w zależności od liczby podwójnych skoków ściernicy (stal 40H); $a = 0,0525 \text{ mm}$, $p_o = 440 \text{ mm/min}$

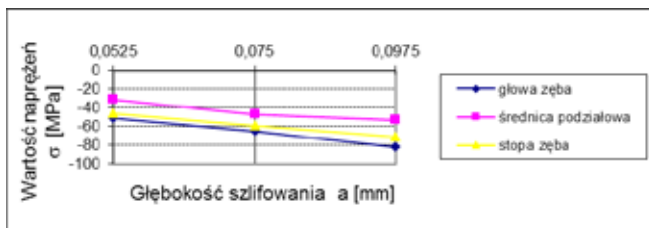


Rys. 4. Wpływ wartości posuwu obwodowego na naprężenia ostateczne w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych: stal 40H, $n_s = 261 \text{ min}^{-1}$, $a = 0,075 \text{ mm}$

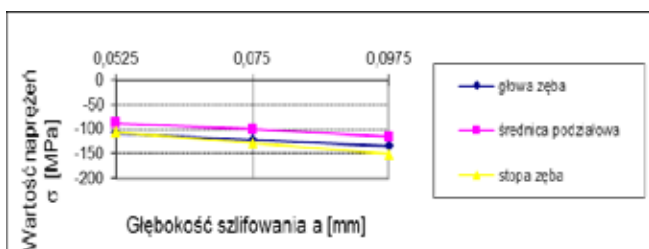


Rys. 5. Wpływ głębokości szlifowania na naprężenia ostateczne w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych dla stali 40H: $n_s = 261 \text{ min}^{-1}$, $p_o = 440 \text{ mm/min}$

Na określonych głębokościach w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych [1] naprężenia ostateczne jawią się jako naprężenia ściskające (rys. 6, 7) [1].



Rys. 6. Rozkład naprężeń ostatecznych w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych po szlifowaniu na głębokości $h = 200 \text{ μm}$, $p_o = 440 \text{ mm/min}$, $n_s = 208 \text{ min}^{-1}$, stal 40H



Rys. 7. Rozkład naprężeń ostatecznych w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych po szlifowaniu na głębokości $h = 400 \text{ μm}$, $p_o = 440 \text{ mm/min}$, $n_s = 208 \text{ min}^{-1}$, stal 40H

Analiza rozkładu naprężeń ostatecznych w warstwie wierzchniej szlifowanych zębów kół zębatych wykazała, że naprężenia ściskające pojawiły się tylko na średnicy podziałowej zęba i to niezależnie od głębokości szlifowania.

Twardość warstwy wierzchniej szlifowanych zębów kół zębatych

Zmiana twardości warstwy wierzchniej zębów kół zębatych związana jest ze zmianą naprężeń ostatecznych i zależy od sposobu szlifowania zębów koła zębatego [1], co przedstawiono na rys. 8÷10.



Rys. 8. Rozkład mezotwardości w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych: $n_s = 208 \text{ min}^{-1}$, $p_o = 440 \text{ mm/min}$, $a = 0,0525 \text{ mm}$



Rys. 9. Rozkład twardości w zależności od głębokości zalegania w warstwie wierzchniej zęba koła zębatego: $n_s = 208 \text{ min}^{-1}$, $p_o = 440 \text{ mm/min}$, $a = 0,0525 \text{ mm}$

W wyniku dalszej analizy [1] przeprowadzono badania mikrotwardości warstwy wierzchniej zęba koła zębatego po szlifowaniu (rys. 10).



Rys. 10. Rozkład mikrotwardości w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych: $n_s = 208 \text{ min}^{-1}$, $p_o = 440 \text{ mm/min}$, $a = 0,0525 \text{ mm}$

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że zmiany materiałowe zachodzące w warstwie wierzchniej zębów kół zębatych poddanych szlifowaniu są spowodowane wieloma czynnikami, a ich przebieg jest złożony [1].

Proces szlifowania jest niestabilny (dynamiczny) [1] nie tylko w układzie OUPN, ale także w wyniku zmiennej objętości skrawanego materiału szlifowanego zęba koła zębatego, zanieczyszczeń materiału, płynu chłodzącego, czy też dynamicznie zużywającej się ściernicy. To prowadzi do zmiany naprężeń ostatecznych w warstwie wierzchniej, a także do zmian twardości, co wykazały przeprowadzone badania.

LITERATURA

1. Zaborowski T. „Wpływ szlifowania na wydajność procesu w oparciu o dokładność regulacji i jakości warstwy wierzchniej zębów”. Stankin Bauman, Moskwa, 2006.