

Analiza numeryczna procesu wygniataania nierówności trójkątnych na powierzchni wałków stalowych

Numerical analysis of the embossing process of the triangular inequality on the surface of steel rollers

Autorzy: prof. dr hab. inż. Leon Kukielka, Michał Szczęśniak e-mail: leon.kukielka@tu.koszalin.pl
mieteksszczesniak@wp.pl

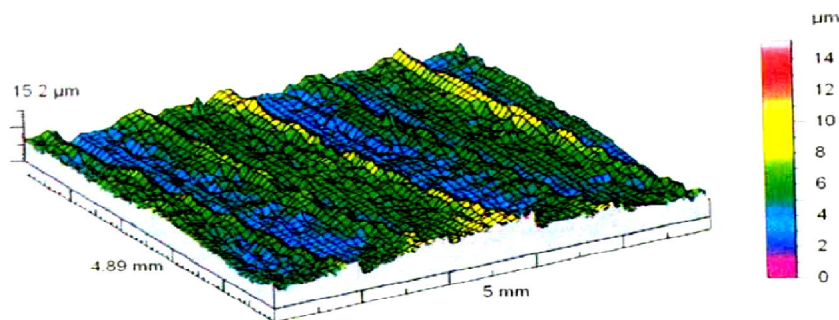
Institucja: Politechnika Koszalińska, Katedra Mechaniki Technicznej i Wytrzymałości Materiałów

Streszczenie: W pracy przedstawiono nowy sposób przygotowania powierzchni do nagniatania, polegający na plastycznym wygniataaniu regularnych nierówności trójkątnych. Opracowano aplikację w programie ANSYS/LS-Dyna, do symulacji zjawisk fizycznych występujących w tym procesie. Przeprowadzono analizę numeryczną procesu wygniataania trójkątnych regularnych nierówności na powierzchni wałków stalowych.

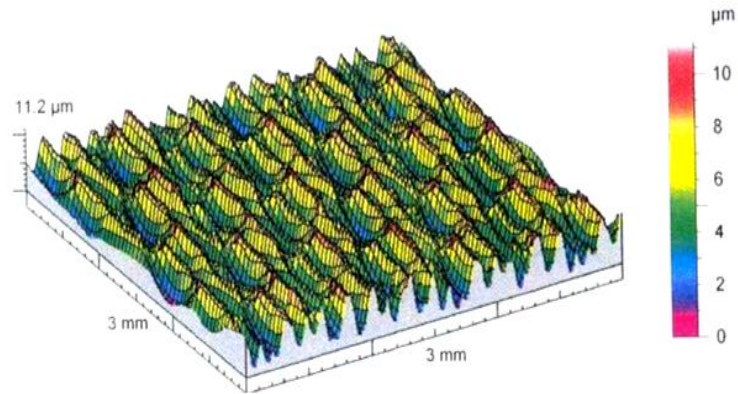
The paper presents a new way to prepare the surface for burnishing, consisting of plastic embossing of regular triangular inequality. An application in ANSYS / LS-Dyna is developed to simulate physical phenomena occurring in this process. The numerical analysis of embossing process of regular triangular inequality on the surface of the steel rollers was performed.

Wstęp

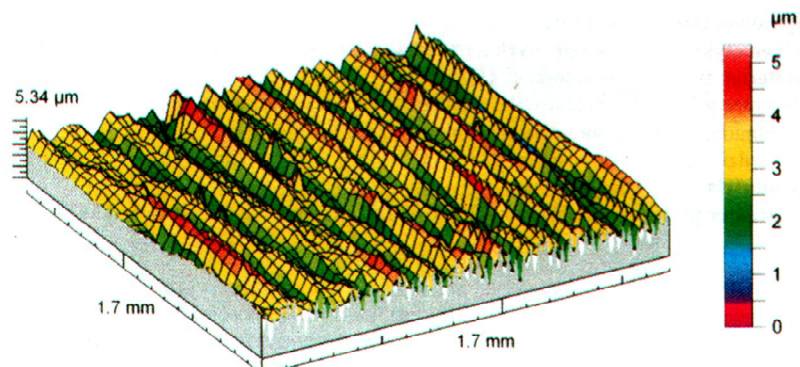
Rodzaj zastosowanej obróbki wykańczającej, podczas której zostaje ukształtowana warstwa wierzchnia, istotnie wpływa na jakość technologiczną wyrobu. Proces nagniatania pozwala uzyskać bardzo dobre właściwości wyrobu. Powoduje podwyższenie właściwości mechanicznych, zmniejsza chropowatość powierzchni oraz zwiększa nośność i odporność na zużycie ścierne. Mimo oczywistych zalet wynikających z zastosowania obróbki nagniataniem jest ona rzadko stosowana w przemyśle polskim [1]. Jedną z przyczyn takiej sytuacji są trudności przygotowania odpowiedniej struktury powierzchni pod nagniatanie, a głównie w uzyskaniu stabilnej struktury geometrycznej po obróbkach poprzedzających takich jak toczenie (rys. 1), frezowanie (rys. 2), czy szlifowanie (rys. 3).



Rys. 1. Stereometria powierzchni po toczeniu kształtującym wałka ze stali 45 [2]



Rys. 2. Stereometria powierzchni po frezowaniu czołowym kształtującym płyty ze stali 45 w stanie wyżarzonym normalizująco [2]



Rys. 3. Stereometria powierzchni po szlifowaniu obwodowym wałka ze stali 45H o twardości 42 HRC [2]

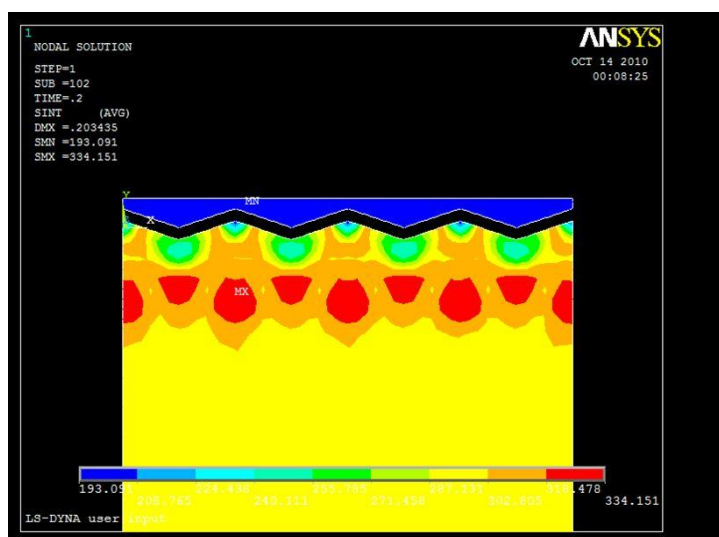
Niezdeteminowana struktura geometryczna powierzchni do nagniatania powoduje, że po procesie nagniatania struktura geometryczna powierzchni wyrobu jest również przypadkowa. Jednym z rozwiązań jest zastąpienie ubytkowych metod przygotowania powierzchni metodami obróbki plastycznej. Plastyczne wygniatanie nierówności zapewni ich regularność i okresowość.

Proces wygniatania trójkątnych nierówności

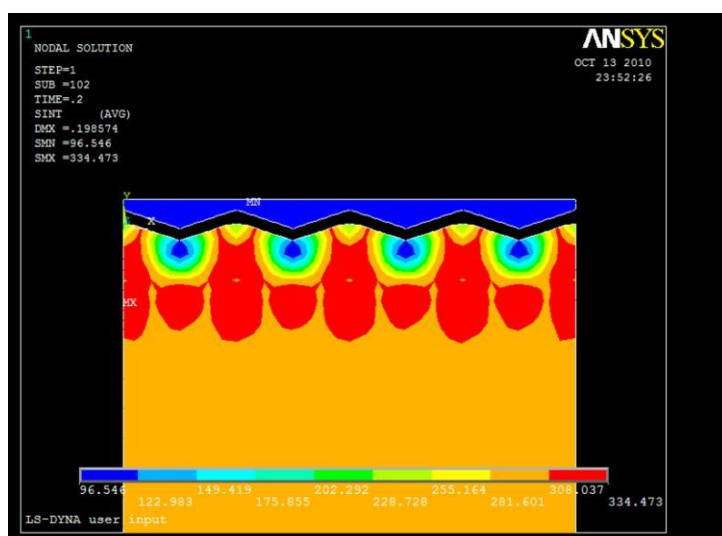
Analiza procesu wygniatania trójkątnych nierówności została przeprowadzona dla próbek walcowych. Dla założonej grubości warstwy wierzchniej $g=3$ mm, przyjęto następujące parametry geometryczne nierówności: wysokość $h=0,32$ mm, kąt pochylenia boków $\beta=20^\circ$, promień zaokrąglenia wierzchołków $r=0,2$ mm. Wartość kąta pochylenia boków zapewnia całkowite wygładzenie powierzchni w procesie nagniatania bez występowania tzw. wgłębień wtórnych. Symulacje przeprowadzono w celu określenia wpływu modułu umocnienia materiału przedmiotu na jakość wygniatanych nierówności. Do analizy numerycznej metodą elementów skończonych zastosowano program ANSYS. Do rozwiązania równania ruchu zastosowano metodę Explicit. W celu ułatwienia obliczeń proces został zamodelowany jako 2D, przyjmując płaski stan odkształceń i przestrzenny stan naprężeń. Symulacja nie uwzględnia płynięcia materiału na kierunku stycznym tj. przed i za narzędziem. Rolka wygniatająca została przyjęta jako ciało idealnie sztywne, natomiast przedmiot jako ciało sprężysto-plastyczne, z umocnieniem. Przemieszczenie narzędzia w kierunku Y - $UY=0,16$ mm. Parametry modelu materiałowego wyniosły odpowiednio: moduł Younga $E=210$ GPa, współczynnik Poissona $\nu=0,3$ i początkowa granica plastyczności $\sigma_0=300$ MPa. Analiza została przeprowadzona dla dwóch wartości modułu umocnienia: $E_T=250$ MPa i $E_T=750$ MPa.

Wyniki symulacji

Wyniki symulacji przedstawiają mapy intensywności naprężeń dla modułu umocnienia $E_T=250$ MPa (rys. 4) i $E_T=750$ MPa (rys. 5).



Rys. 4. Mapa intensywności naprężeń w wygniatanych nierównościach dla modułu umocnienia materiału $E_T=250$ MPa



Rys. 5. Mapa intensywności naprężeń w wygniatanych nierównościach dla modułu umocnienia materiału $E_T=750$ MPa

Wnioski

W pierwszej fazie obciążania przedmiotu zachodzą jedynie odkształcenia sprężyste, po czym sprężysto-plastyczne a następnie plastyczne. Natomiast po odciążeniu materiał ulega odsprężynowaniu – pojawiają się odkształcenia sprężyste. Można je zaobserwować i pomierzyć numerycznie, natomiast w praktyce są niezauważalne lub bardzo trudne do zmierzenia.

Potwierdzono istotny wpływ modułu umocnienia na proces kształtowania nierówności. Im większy jest moduł umocnienia tym trudniej jest uzyskać całkowite wypełnienie przestrzeni pomiędzy dwoma sąsiednimi nierównościami. Dla modułu $E_T=750$ MPa wierzchołki zarysu nie zostały ukształtowane właściwie. W celu wyeliminowania tego zjawiska należy bądź przeprowadzić odpowiednią modyfikację zarysu narzędzia, bądź obniżyć moduł umocnienia poprzez podgrzanie materiału. Wymaga to jednak przeprowadzenia dodatkowych symulacji. Największa intensywność naprężeń w wygniatanej nierówności wynosi $\sigma_i=334$ MPa. Głębokość ich zalegania zależy również od modułu umocnienia.

Proces wygniatania nierówności a następnie ich nagniatania gładkościowego jest rozwiązaniem nowatorskim. Z przeprowadzonych symulacji wynika, że łączne analizowanie obu procesów jest słuszne. W przyszłości pozwoli to zaprojektować segmentowe głowice do realizacji tych operacji w jednym przejściu.

Literatura:

1. W. Przybylski, *Technologia obróbki nagniataniem*, Warszawa 1987, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne
2. K. Ocoś, V. Liubimov, *Struktura geometryczna powierzchni*, Rzeszów 2003, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej