

Analiza numeryczna procesu wygniatacia nierówności trójkątnych na powierzchni wałków stalowych

LEON KUKIEŁKA, MICHAŁ SZCZEŚNIAK

Rodzaj zastosowanej obróbki wykończeniowej, 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 i zwiększa odporność na zużycie ścierne. Mimo oczywistych zalet płynących z zastosowania obróbki nagniataniem, jest ona rzadko stosowana w przemyśle polskim. Jedną z przyczyn takiej sytuacji są trudności w uzyskaniu stabilnej struktury geometrycznej po obróbkach poprzedzających. Niezdefiniowana 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 wygniatawanie nierówności zapewni ich regularność i okresowość.

Proces wygniatacia trójkątnych nierówności

Analiza procesu wygniatacia 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. Symulację przeprowadzono w celu określenia wpływu modułu umocnienia materiału przedmiotu na jakość wygniatających 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 w kierunku stycznym, tj. przed i za narzędziem. Rolka wygniatająca została przyjęta jako idealnie sztywna, natomiast przedmiot – jako ciało sprężysto-plastyczne – z umocnieniem. Przemieszczenie narzędzia w kierunku $Y=0,16$ 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

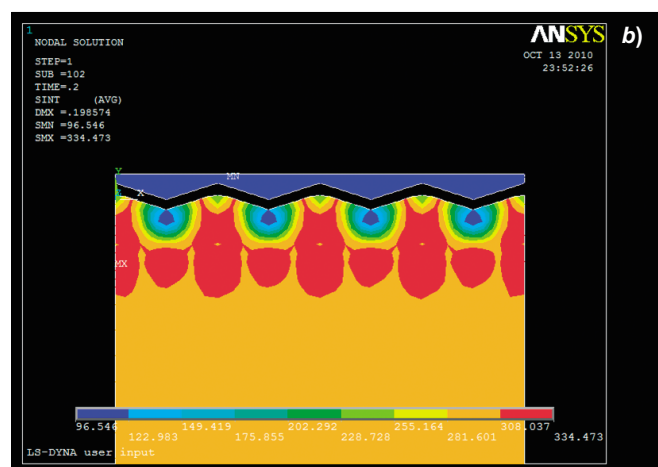
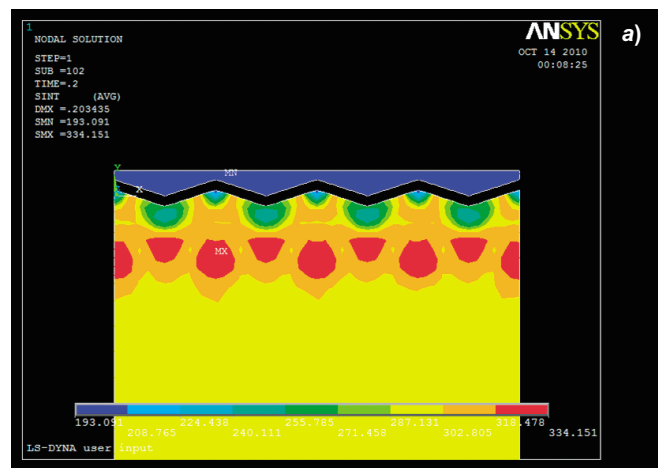
Wyniki symulacji przedstawiają mapy intensywności naprężeń dla modułu umocnienia $E_T=250$ MPa i $E_T=750$ MPa (rys.).



W pierwszej fazie obciążania 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 zmierzyć 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 między dwoma sąsiednimi klinami. Dla modułu $E_T=750$ MPa wierzchołki zarysu nie zostały ukształtowane właściwie. W celu wyeliminowania tego zjawiska należy przeprowadzić odpowiednią modyfikację zarysu narzędzia, bądź obniżyć moduł umocnienia poprzez podgrzanie materiału. Wymaga to jednak przeprowadzenia dodatkowych symulacji. Największa intensywność naprężeń w wygniatającej nierówności wynosi $\sigma_1=334$ MPa. Głębokość ich zalegania zależy również od modułu umocnienia.



Rys. Mapy intensywności naprężeń dla modułu umocnienia: a) $E_T=250$ MPa, b) $E_T=750$ MPa

Proces wygniatacia 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.

* Prof. dr hab. inż. Leon Kukiełka, Michał Szcześniak – Katedra Mechaniki Technicznej i Wytrzymałości Materiałów, Politechniki Koszalińskiej