

Dr inż. Patyk Radosław, email: radoslaw.patyk@tu.koszalin.pl,
Politechnika Koszalińska
inż. Szcześniak Michał, mieteksszczesniak@wp.pl,
Politechnika Koszalińska
inż. Mioduszewski Piotr, mioduszek@o2.pl,
Politechnika Koszalińska

ANALIZA NACISKÓW KONTAKTOWYCH W PROCESIE WYGNIATANIA REGULARNYCH NIERÓWNOŚCI POWIERZCHNI

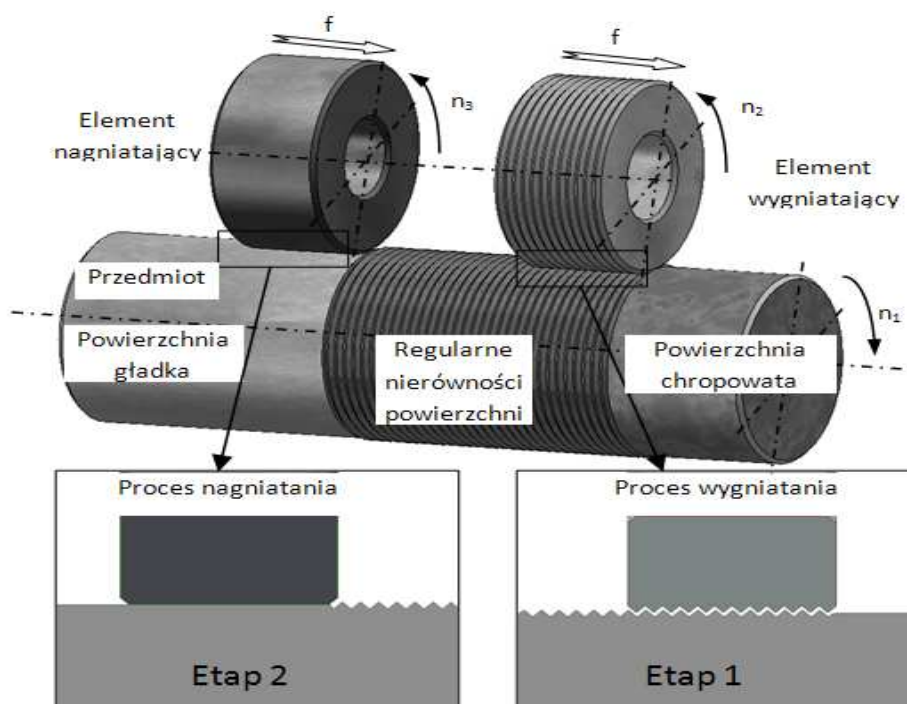
Streszczenie: W artykule zaproponowano nowy sposób przygotowania powierzchni do nagniatania gładkościowo umacniającego. Szczegółowej analizie poddano zagadnienie kontaktu narzędzia z przedmiotem obrabianym. Opracowano aplikację w programie ANSYS/LS-DYNA, która umożliwia dokonywanie obliczeń dla różnych modeli materiałowych z uwzględnieniem wpływu odkształceń sprężystych, tarcia, prędkości odkształcenia i temperatury.

THE ANALYSIS OF CONTACT PRESSURES IN EMBOSING PROCESS OF REGULAR SURFACE ASPERITIES

Abstract: In the article was proposed was new method of the surface preparations to smoothness and hardness burnishing. The detailed analysis was subjected from work-piece and tools the contact problem. The results of theoretical considerations of plastic formation regular asperities process obtain on the ground characteristic method. It the application was has worked out was in FEM system ANSYS/LS-DYNA the enabling analysis of process for different material models with considerations of influence elastic strain, frictions, strain rate and temperature.

1. WPROWADZENIE

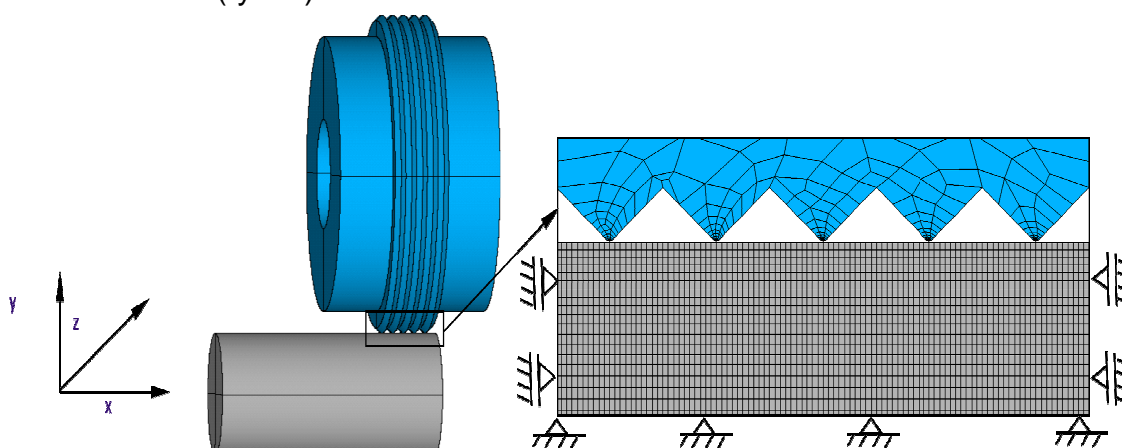
Problematyka świadomego kształtowania warstwy wierzchniej pożądanej, ze względów eksploatacyjnych interesowała badaczy od wielu lat. Skutkiem tego było opracowanie wielu technologii obróbczych. Technologie, aby mogły być stosowane na skalę przemysłową wymagają szczegółowych badań mających na celu poznanie zjawisk i mechanizmów zachodzących podczas obróbki a następnie opracowanie szczegółowych wytycznych dotyczących doboru parametrów procesu. Jedną z obróbek wykończeniowych części maszyn stosowanych w celu poprawienia stanu warstwy wierzchniej jest powierzchniowa obróbka plastyczna (nagniatanie). Nagniatanie stosuje się w celu: zwiększenia gładkości powierzchni, jej umocnienia oraz zwiększenie dokładności wymiarowo-kształtowej. Z badań wynika, że jakość po nagniataniu istotnie zależy od jakości półwyrobu po obróbkach poprzedzających. Zaleca się, aby zarys nierówności powierzchni do nagniatania był regularny, zdeterminowany i okresowy. Dotychczasowe obróbki charakteryzują się niestabilnością i ograniczoną trwałością narzędzi, które zużywają się w trakcie procesu. Ukształtowany zarys nierówności istotnie różni się od zarysu teoretycznego, a jakość wyrobu po nagniataniu różni się od jakości pożądanej. W pracy zaproponowano nowy sposób przygotowania powierzchni do nagniatania gładkościowo umacniającego (rys. 1). Przewiduje się, że nowa technologia wyraźnie poprawi jakość kształtowanych części [2]. Opracowano aplikację w programie ANSYS/LS-DYNA, która umożliwia dokonywanie obliczeń wartości i rozkładu nacisków kontaktowych dla różnych modeli materiałowych z uwzględnieniem wpływu odkształceń sprężystych, tarcia, prędkości odkształcenia i temperatury.



Rys. 1. Schemat procesu wygniatań i nagniatania gładkościowo-umacniającego wałków

2. ANALIZA NUMERYCZNA PROCESU

Opracowano aplikację w systemie Ansys/LS-DYNA, geometrię przedmiotu i narzędzia zamodelowano w układzie płaskim (2D), dla występującego przypadku płaskiego stanu odkształcenia i przestrzennego stanu naprężenia. Narzędzie traktowano jako idealnie sztywne ($E \rightarrow \infty$), natomiast materiał obrabiany jako ciało sprężysto-lepko/plastyczne z umocnieniem dla przypadku występowania tarcia w strefie kontaktu. Przedmiot obrabiany dyskretyzowano elementami skończonymi typu Plane183 z liniową funkcją kształtu [1]. Zadano obciążenia i warunki brzegowe: na narzędziu nałożono translację po osi y na głębokość równą połowie wysokości nierówności (klina). Przedmiot materiału unieruchomiono odbierając translacyjne i rotacyjne stopnie swobody dla węzłów na spodzie i na bokach (rys. 2).



Rys. 2 Model komputerowy procesu

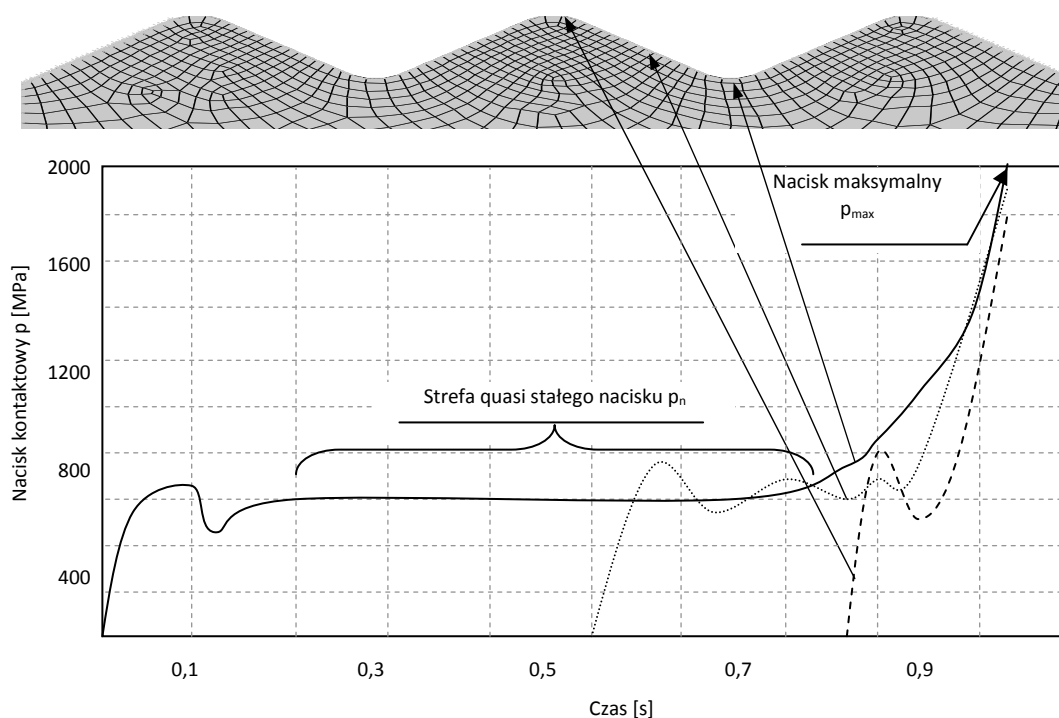
Eksperymenty numeryczne przeprowadzono zgodnie z dwupoziomym planem badań. Czynniki badanymi były: moduł wzmocnienia materiału, który zmieniał się w zakresie

$E_T = 0\div 800$ [MPa], granica plastyczności $R_e=250\div 600$ [MPa] oraz kąt wierzchołkowy klinów narzędzia $\theta=146\div 156^\circ$. Macierz planu eksperymentu numerycznego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Plan badań i wyniki obliczeń numerycznych dla materiału typu BIKIN oraz BISO

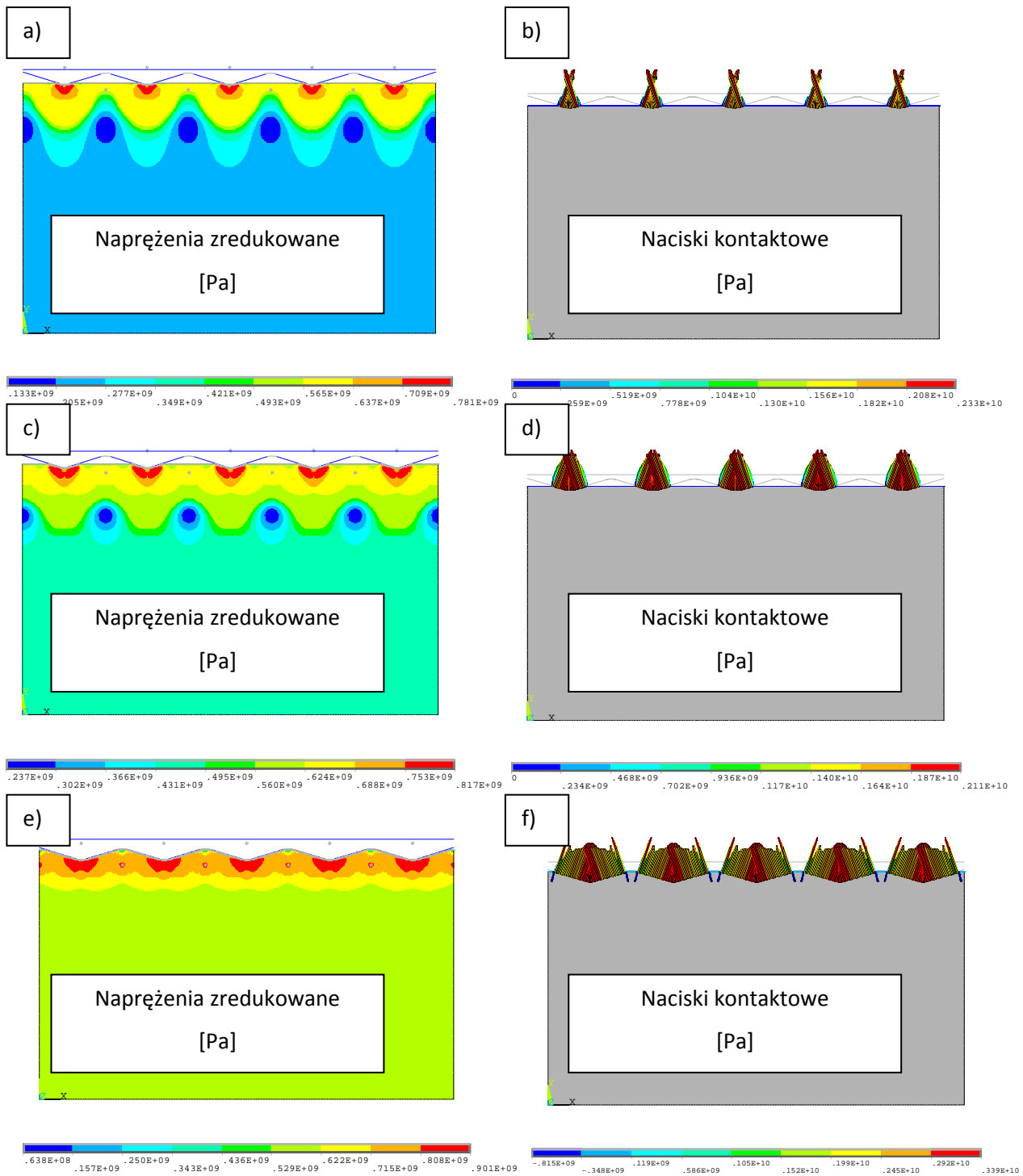
	E_T	R_e	θ	p_n	p_{max}
	MPa	MPa	°	MPa	MPa
1	0	250	146	951	2190
2	800	250	156	1230	1220
3	0	600	146	510	896
4	800	600	156	2440	3390

Czynnikiem wynikowym były maksymalne wartości nacisków w strefie kontaktu dla przypadku ustabilizowanego procesu płynięcia p_n oraz dla przypadku, gdy następuje całkowite wypełnienie objętości p_{max} (rys. 3).



Rys. 3 Wykres zmian nacisku kontaktowego w czasie dla wybranych punktów materiału podczas wygniatania regularnych nierówności powierzchni

Przykładowe wyniki symulacji wartości i rozkładu naprężeń zredukowanych oraz nacisków występujących w strefie kontaktu przedstawiono na rysunku 4 dla różnych stopni zaawansowania procesu wygniatania regularnych nierówności powierzchni.



Rys. 4. Wartości i rozkład naprężeń zredukowanych oraz nacisków kontaktowych podczas procesu wygniatania regularnych nierówności o zarysie trójkątnym dla zastosowanych warunków: $\theta=146^\circ$, $R_e=250$ MPa, $E_T=800$ MPa dla: a) i b) 30% zaawansowania procesu, c) i d) dla 50 % oraz e) i f) 100% zaawansowania procesu

Po przeprowadzeniu analiz statystycznych opracowano funkcje regresji opisującą jakościowy wpływ czynników badanych na wartość nacisków w strefie kontaktu:

$$p_n = 10555,91 + 1,18 \cdot E_T + 0,69 \cdot R_e - 66,95 \cdot \theta,$$

$$p_{max} = 31524,8 + 0,66 \cdot E_T + 0,72 \cdot R_e - 198,8 \cdot \theta.$$

3. PODSUMOWANIE

W przypadkach, gdy materiał umacnia się, a w obszarze kontaktu występują siły tarcia rozkład nacisków jest silnie nieliniowy, a ich wartość można określić za pomocą złożonej funkcji zależnej od: rodzaju i warunków realizacji obróbki poprzedzającej, właściwości mechanicznych materiału obrabianego oraz odmiany i warunków nagniatania. W tym przypadku analityczne obliczenie nacisków jest niemożliwe, możliwe jest natomiast obliczenie przybliżone, z założoną dokładnością, na drodze numerycznej.

LITERATURA

- [1] Ansys version 8.1 – Theory Manual, *Elan Compute Group Inc.*, 2003.
- [2] Patyk R., Kukiłka L.: Numeryczna analiza procesu wygniatania nierówności trójkątnych na półwyrobach walcowych dla przypadku występowania nieliniowości geometrycznej i fizycznej. *Poliptymalizacja i komputerowe wspomaganie projektowania*, Koszalin 2005.