

# Spis treści

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ, SKRÓTÓW I DEFINICJI .....	6
--	---

1. WSTĘP .....	11
----------------	----

## 2. PRZYGOTOWANIE POWIERZCHNI PRZEDMIOTU DO NAGNIATANIA TOCZNEGO

2.1. Wymagania dotyczące struktury geometrycznej powierzchni do nagniatania .....	19
2.2. Metody przygotowania powierzchni do nagniatania .....	20
2.3. Powierzchnie o profilach zdeterminowanych .....	25
2.4. Wpływ kąta wierzchołkowego nierówności powierzchni do nagniatania na stan deformacji warstwy wierzchniej w procesie nagniatania .....	28
2.5. Odchyłki zarysu nierówności powierzchni toczonej i nagniatanej .....	30
2.6. Podsumowanie .....	31

## 3. ANALIZA STANU WIEDZY W ZAKRESIE KSZTAŁTOWANIA WW W PROCESIE NAGNIATANIA TOCZNEGO

3.1. Zagadnienia podejmowane w literaturze .....	33
3.2. Modelowanie procesu nagniatania .....	38
3.3. Symulacje komputerowe procesu nagniatania .....	40
3.4. Zjawisko powrotu sprężystego materiału nagniatanego .....	44
3.5. Wnioski z analizy literatury .....	48

## 4. CELE NAUKOWE I KIERUNKI BADAŃ WŁASNYCH NAGNIATANIA TOCZNEGO

4.1. Cele naukowe .....	50
4.2. Kierunki badań własnych .....	51
4.3. Aspekty praktyczne .....	52

## 5. MODELOWANIE PROCESU NAGNIATANIA TOCZNEGO

5.1. Algorytm modelowania i analizy procesu nagniatania tocznego .....	54
5.2. Założenia do modelowania procesu nagniatania tocznego .....	56
5.3. Model materiałowy ciała sprężysto-lepko-plastycznego .....	59

5.3.1. Model dynamicznych naprężeń uplastyczniających .....	59
5.3.2. Przyrostowy model dynamicznych naprężeń uplastyczniających .....	60
5.3.3. Przyrostowe modele składowych tensora odkształceń całkowitych i tensora naprężeń .....	60
5.4. Wariacyjne sformułowanie przyrostowego równania ruchu .....	62
5.5. Dyskretne równanie ruchu .....	63
5.6. Całkowanie jawnych równań ruchu i deformacji .....	65
5.7. Zastosowanie metody elementów skończonych do modelowania procesu nagniatania tocznego .....	68
5.8. Implementacja numeryczna rozwiązywania dyskretyzowanych równań ruchu .....	69
5.9. Podsumowanie modelowania procesu nagniatania .....	70

## **6. ANALIZA I SYMULACJA NUMERYCZNA PROCESU NAGNIATANIA TOCZNEGO Z UWZGLĘDNIENIEM JAKOŚCI POWIERZCHNI PO OBRÓBCE POPRZEDZAJĄCEJ**

6.1. Opis aplikacji NAGNIATANIE 3D .....	73
6.2. Analiza wrażliwości .....	77
6.3. Deformacja nierówności oraz odkształcenia zredukowane w warstwie wierzchniej przedmiotu podczas nagniatania tocznego .....	79
6.4. Naprężenia zredukowane w warstwie wierzchniej przedmiotu nagniatanego tocznie .....	83
6.5. Rozkład naprężeń wynikowych w warstwie wierzchniej przedmiotu po nagniataniu tocznym .....	86
6.6. Siły kontaktowe i składowa normalna siły nagniatania .....	89
6.7. Prognozowanie jakości przedmiotu nagniatanego tocznie .....	94
6.8. Wnioski z analizy numerycznej .....	100

## **7. BADANIA ZJAWISKA POWROTU SPRĘŻYSTEGO MATERIAŁU PO PROCESIE NAGNIATANIA TOCZNEGO**

7.1. Idea zjawiska powrotu sprężystego po procesie nagniatania tocznego ...	103
7.2. Badania zjawiska powrotu sprężystego na materiale modelowym i walidacja .....	104
7.2.1. Materiał modelowy .....	104
7.2.2. Badania zjawiska powrotu sprężystego w zależności od kąta wierzchołkowego nierówności .....	105
7.2.3. Symulacja komputerowa zjawiska powrotu sprężystego w zależności od kąta wierzchołkowego nierówności .....	106

7.3. Badania wpływu odchyłek zarysu nierówności powierzchni na powrót sprężysty materiału .....	109
7.3.1. Symulacja komputerowa .....	109
7.3.2. Badania eksperymentalne .....	111
7.4. Wnioski .....	113

## **8. BADANIA EKSPERYMENTALNE PROCESU NAGNIATANIA NAPOROWEGO TOCZNEGO REGULARNYCH, TRÓJKĄTNYCH NIERÓWNOŚCI POWIERZCHNI PO OBRÓBCE TOCZENIEM**

8.1. Zastosowany materiał .....	115
8.2. Wpływ kąta wierzchołkowego nierówności powierzchni po toczeniu na chropowatość powierzchni po obróbce nagniataniem .....	115
8.3. Nanochropowatość powierzchni po obróbce nagniataniem .....	120
8.4. Udział materiałowy powierzchni nagniatanej tocznie .....	129
8.5. Mikroskopowa analiza stanu powierzchni nagniatanej .....	129
8.6. Struktura metalograficzna warstwy wierzchniej po nagniataniu w zależności od kąta wierzchołkowego nierówności po toczeniu .....	133
8.7. Badania mikrotwardości warstwy wierzchniej po nagniataniu zdeterminowanych, trójkątnych nierówności przygotowanych przez toczenie .....	137
8.8. Jakościowe zależności wpływu obróbki poprzedzającej na efekty po nagniataniu .....	139

## **9. APLIKACYJNOŚĆ PROPONOWANEJ METODY NAGNIATANIA ZDETERMINOWANYCH, REGULARNYCH, TRÓJKĄTNYCH NIERÓWNOŚCI POWIERZCHNI PO TOCZENIU** ..... 141 |

## **10. PODSUMOWANIE** ..... 146 |

STRESZCZENIE .....	150
SUMMARY .....	152
ZUSAMMENFASSUNG .....	154
SPIS LITERATURY .....	157