

No deformation, no strain.

Kilka uwag o tłumaczeniu pojęcia „odkształcenie”
w specjalistycznych tekstach
z zakresu obróbki plastycznej metali

Magdalena Jung
Politechnika Lubelska

Co to jest „obróbka”?

Obróbka (*working; machining; treatment; processing; dressing*) = zabieg technologiczny mający na celu nadanie przedmiotowi określonych właściwości, np. kształtu, wymiaru, wytrzymałości

Czym jest obróbka metali?

Obróbka metali (*metalworking*) = ogół procesów technologicznych mających na celu zmianę kształtów, wymiarów lub właściwości fizycznych i chemicznych metali.

Rodzaje obróbki metali:

- obróbka skrawaniem (*machining*)
- obróbka plastyczna (*forming*)
- obróbka cieplna (*heat treatment*)
- obróbka chemiczna (*chemical treatment*)
- obróbka cieplno-chemiczna (*thermochemical treatment*)

Obróbka plastyczna metali (*metal forming*) = rodzaj obróbki, której celem jest trwała zmiana kształtu i wymiarów przedmiotu obrabianego, przy jednoczesnej zmianie właściwości mechanicznych obrabianego materiału.

Jak? -> poprzez wywieranie narzędziem nacisku przekraczającego granicę plastyczności (*yield point*) obrabianego materiału.

Metody o.p.m.: walcowanie (*rolling*), kucie (*forging*), wyciskanie (*extrusion*), ciągnienie (*drawing*), tłoczenie (*stamping; pressing*)

Problem translacyjny:

- **Odkształcanie** = działanie prowadzące do zmiany kształtu i wymiarów przedmiotu obrabianego (=>proces działania sił)
- **Odkształcenie** = zmiana (chwilowa lub trwała) kształtu i wymiarów przedmiotu obrabianego (=>wynik tego procesu)
- Jak zmierzyć tę zmianę?

Odkształcać = *deform*

Odkształcać się = *undergo a deformation; deform*

[Słownik naukowo-techniczny polsko-angielski, WNT 2017]

Okształcenie = 1. *deformation*; 2. *strain*

DEFORMATION (proces)

- alternation of shape or dimensions of a body caused by stresses, thermal expansion or contraction, chemical or metallurgical transformations, or shrinkage and expansion due to moisture change;

[McGraw-Hill Dictionary of Mechanical and Design Engineering]

STRAIN (wynik procesu)

- change in length of an object in some direction per unit undistorted length in some direction, not necessarily the same;

[McGraw-Hill Dictionary of Mechanical and Design Engineering]

- strain is the deformation of a material from stress. It is a ratio of the change in length to the original length.

[<https://www.bu.edu/moss/mechanics-of-materials-strain/>]

DEFORMATION

- (undergo) elastic/plastic deformation
- apply deformation(s)
- (be in the) elastic/plastic deformation range
- mechanisms of deformation:
 - deformation by twinning
 - deformation by slip
- work of deformation
- deformation efficiency
- deformation force (=forming force)

STRAIN

- total strain
- unit strain
- effective strain
- strain rate; rate of strain
- elastic/plastic strain
- strain state
- dilatational/non-dilatational strain
- normal/shear strain
- compressive/tensile/torsional strain
- strain hardening
- strain distribution

Najczęstsze błędy:

- *deformation* jako *strain*, i vice versa
- deformacja (wada powierzchniowa) jako *deformation*
- odkształcenie jako *distortion*

- sprężyste odkształcenie walcarki = *mill stretch*

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki modelowania numerycznego procesu kucia matrycowego na gorąco odkuwki typu rozwidlonego stosowanej w układzie kierowniczym realizowanego na prasie korbowej. Głównym celem analizy było wykorzystanie modelowania numerycznego do analizy i poprawy przemysłowego procesu wytwarzania odkuwki. Termomechaniczny model kucia odkuwki z odkształcalnymi narzędziami opracowano przy użyciu oprogramowania Forge NX 2.0. Do zbudowania modeli narzędzi kuźniczych wykorzystano program Catia. W wyniku przeprowadzonego modelowania uzyskano, m.in.: rozkłady temperatur dla odkuwki i narzędzi oraz **odkształceń plastycznych** (uwzględniających zjawiska aktywowane cieplnie), a także zmiany wielkości ziarna oraz przebiegi sił kucia. Otrzymane wyniki pozwalają na pełną analizę procesu kucia, w tym: wpływu czasu i **temperatury odkształcania** na wielkość ziarna w materiale odkuwki, co w przyszłości może pozwolić na wykorzystanie ciepła kucia do planowanej obróbki cieplnej i uzyskania określonej mikrostruktury.

Słowa kluczowe: kucie matrycowe na prasie, modelowanie numeryczne, odkuwka typu rozwidlonego, mikrostruktura

Abstract

*The paper presents the results of numerical modeling of the forging hot forging process of the yoke type forging used in the steering system realized on the crank press. The main purpose of the analysis was to use computer simulation to analyze and improve the industrial forging process. The thermomechanical model of forging process with deformable tools was developed using the Forge NX 2.0 software. Catia program was used to build models of forging tools. As a result of the modeling obtained, inter alia: temperature distributions and **plastic deformations** for the forging (taking into account thermally activated phenomena), as well as grain size changes and forging forces. The obtained results allow for a full analysis of the forging process, including: identification of potential forging defects (overlaps) and the influence of time and **temperature of deformation** on the grain size in the forging material, which in the future may allow using the forging heat for the planned heat treatment and obtaining a specific microstructure.*

Keywords: die forging on press, numerical modelling, yoke type forging, microstructure

Wkładki matrycowe w analizowanym procesie wykonane są ze stali WCL, a po ulepszeniu cieplnym, charakteryzują się twardością na poziomie 48–52 HRC. Narzędzia nie są azotowane. W celu zapewnienia możliwie **równomiernego odkształcania się** materiału w całej jego objętości stosuje się smarowanie wkładek matrycujących wstępnych i wykańczających wodnym roztworem grafitu. Po procesie kucia odkuwki wykonuje się operacje zamykające, czyli: kontrolowane chłodzenie na linii BY, okrawanie wypływki na prasie, prostowanie, śrutowanie, obróbka mechaniczna, kontrola itp. Gotowa odkuwka jest poddawana kontroli ostatecznej (wizualnej i defektoskopowej), pakowana i wysyłana do klienta.

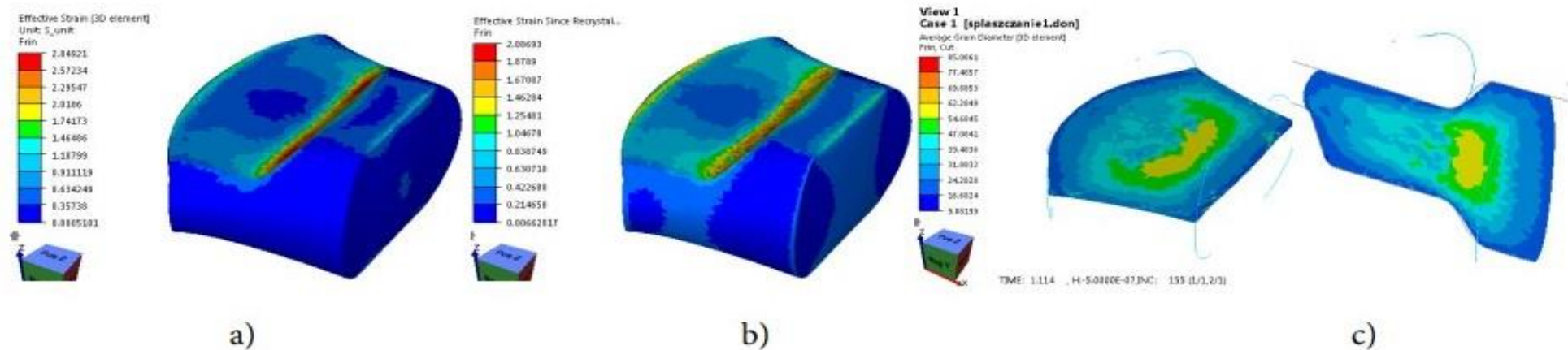
*In the analyzed process die inserts are made of WCL steel, and after thermal improvement, they have a hardness of 48-52HRC. The tools are not nitrided. In order to ensure the **uniform deformation** of the material in the entire volume, is used lubrication inserts plated preliminary and finishing aqueous graphite. After the forging process of the forgings are controlled cooling on the BY line are performer. The finished forging is subjected to final control (visual and defectoscopic), packed and sent to the customer.*

3.3. Rozkłady odkształceń plastycznych oraz wielkość ziarna w odkuwce

Oprogramowanie Forge pozwala na analizę odkształceń plastycznych zarówno z uwzględnieniem, jak i bez uwzględnienia rekrytalizacji. Na rys. 4a przedstawiono rozkłady odkształcenia dla kształtowanego materiału odkuwki po operacji spłaszczania, bez uwzględnienia dynamicznych procesów odbudowy mikrostruktury aktywowanych cieplnie (zdrowienie i rekrytalizacja), a na rys. 4b z uwzględnieniem rekrytalizacji statycznej (po około 1 s, od odkształcenia). Na rys. 4c przedstawiono przekroje dla tej przedkuwki z rozkładami ziarna.

3.3. Plastic deformation distributions and grain size in the forging

Forge software allows you to analyze plastic strain both with and without recrystallization. Fig. 4a shows the deformation distributions for the shaped material of forging after the flattening operation, without the dynamic processes of heat-activated microstructure rebuilt (recovery and recrystallization), and Figure 4b including static recrystallization (after about 1 second, from deformation). In contrast, Fig. 4c shows cross-sections for this forging with grain distributions.



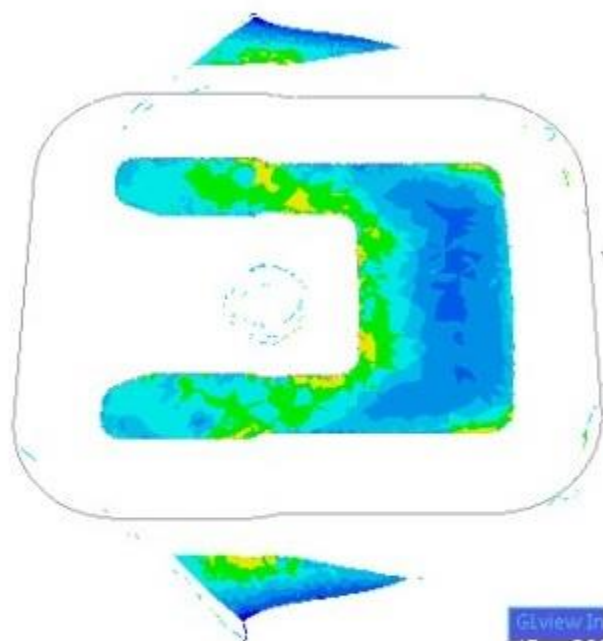
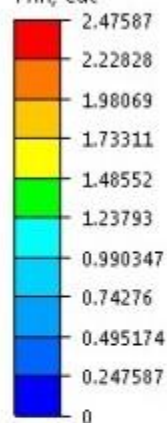
Rys. 4. Rozkłady odkształceń plastycznych po spłaszczeniu: a) bez uwzględnienia rekrytalizacji, b) przy uwzględnieniu rekrytalizacji statycznej c) widok w przekrojach z uwzględnieniem rekrytalizacji
 Fig. 4. Distribution of plastic strains after flattening: a) without recrystallization, b) taking into account static recrystallization c) cross-section view including recrystallization

Po operacji spęczania, a następnie spłaszczenia odkształcenia plastyczne zlokalizowane są głównie we wnętrzu, w miejscu, gdzie górna wkładka spłaszczająca odkształciła materiał, przygotowując przedkuwkę do włożenia w wykrój wstępny. Wartości maksymalnych odkształceń w tych obszarach wynoszą odpowiednio: 2,8 bez uwzględnienia rekrytalizacji (rys. 3a) oraz 2,0 z uwzględnieniem częściowej rekrytalizacji (rys. 3b) po około 1s od odkształcenia. Początkową wielkość ziarna przyjęto na poziomie 80 μm .

After the upsetting operation and then flattening, the plastic deformations are mainly located inside, in the place where the upper die insert deformed the material, preparing the preform for insertion into the preliminary cavity of die insert. The values of maximum deformations in these areas are respectively: 2.8 without recrystallisation (Fig. 3a) and 2.0 with partial recrystallisation (Fig. 3b) after about 1s from deformation. The initial grain size was assumed at 80 μm . In QForm, the average grain size (its

View 1
Case 1 [wstepna1.don]

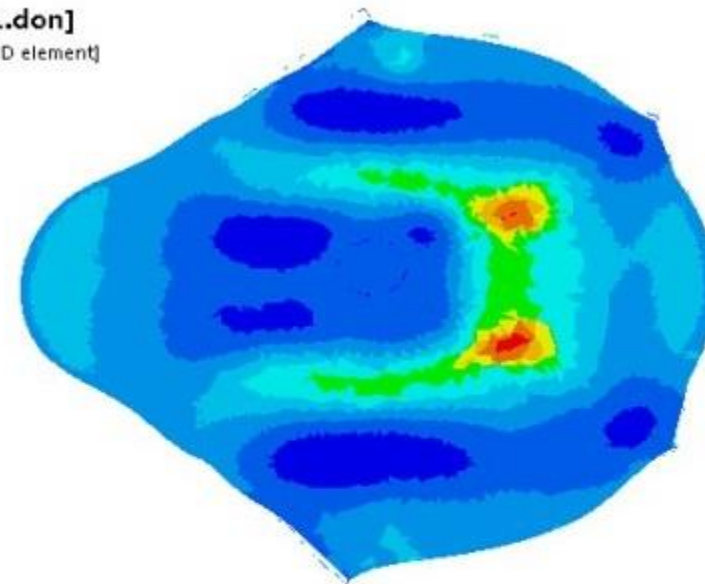
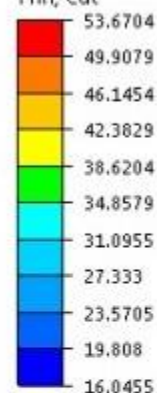
Effective Strain Since Recrystall...
Frin, Cut



a)

View 1
Case 1 [wstepna1.don]

Average Grain Diameter [3D element]
Frin, Cut



TIME: 1.603 , H:-1.0000E-06,INC: 189 (1/1,2/1)

b)

Rys. 5. Rozkłady: a) odkształcenia plastycznego dla odkuwki po II operacji (przekrój w płaszczyźnie podziału), b) średniej wielkości ziarna

Fig. 5. Distributions: a) plastic deformation for the forging after the II operation (section in the division plane), b) average grain size