

Numeryczne modelowanie wycinka mikrostruktury LENS Ti-6Al-4V z zastosowaniem różnych metod odwzorowania warunków na granicy ziaren

Aleksandra Szafrńska^{1, a)} Jerzy Małachowski^{1, b)} Paweł Baranowski^{c)}

¹Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej,
ul. Urbanowicza 2, 00-908

a) aleksandra.szafranska@wat.edu.pl

b) jerzy.malachowski@wat.edu.pl

c) pawel.baranowski@wat.edu.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ sposobu modelowania warunków na granicy ziaren stopu Ti-6Al-4V na otrzymywane charakterystyki odkształcenia i naprężenia w wycinku geometrii mikrostruktury. Pozwoli to na ocenę wpływu zjawisk zachodzących na poziomie mikroskopowym na zachowanie makroskopowej struktury. Stop tytanu Ti-6Al-4V otrzymywany w technologii LENS charakteryzuje się mikrostrukturą w postaci wydłużonych ziaren fazy α' , której powstanie wynika z wysokich szybkości chłodzenia podczas wytwarzania detali. Właściwości mechaniczne metali są ściśle związane z rozmiarem i kształtem ziarna a w metalach o sieci heksagonalnej głównymi mechanizmami odkształcenia są bliźniakowanie i poślizg.

WPROWADZENIE

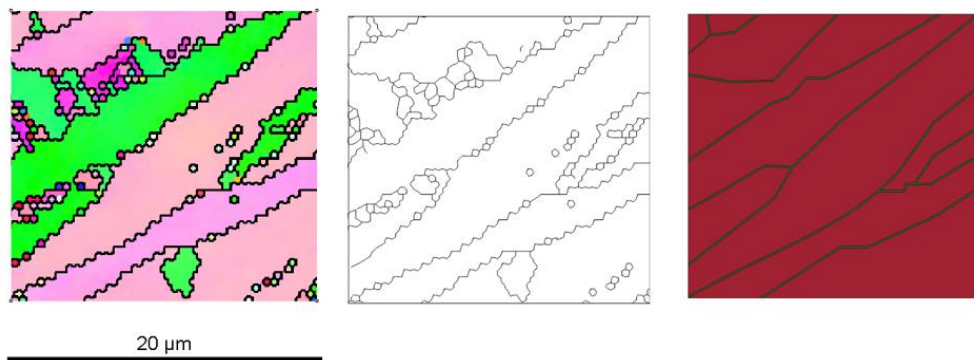
Techniki przyrostowe (ang. Additive Manufacturing - AM) są coraz powszechniej wykorzystywane m.in. w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym i medycznym do wytwarzania różnych detali, często o skomplikowanej geometrii, niemożliwej do uzyskania metodami konwencjonalnymi. Detale wytwarzane przyrostowo cechują się właściwościami mechanicznymi porównywalnymi do właściwości detali otrzymywanych metodami konwencjonalnymi. Jedną z najbardziej obiecujących technik jest LENS (ang. Laser Engineering Near-Net Shaping), w której warstwa proszku jest spajana wiązką laserową o dużej mocy w osłonie argonu. Wyroby charakteryzują się dużą dokładnością wymiarową i wysokimi parametrami mechanicznymi, jednakże często wykazują wysoką chropowatość oraz podwyższoną kruchość wobec czego wskazana jest obróbka powierzchni oraz obróbka cieplna aby otrzymać w pełni wartościowy detal.

Prace badawcze w obszarze AM w głównej mierze polegają na drukowaniu próbek testowych a następnie analizie ich właściwości, jednakże z uwagi na wiele zmiennych decyzyjnych proces ten jest czasochłonny oraz kosztowny. Z powodu powyższych wad klasycznych badań wiele zespołów podejmuje próby modelowania numerycznego procesów AD między innymi w oparciu o metodę elementów skończonych.

OTRZYMYWANIE GEOMETRII MIKROSTRUKTURY

Wykonano zglądy metalograficzne z cienkościennych próbek o grubości 1,5 mm w przekroju wzdłużnym i poprzecznym. Zglądy zostały poddane odpowiedniej obróbce w celu wykonania badań na wysokorozdzielczym skaningowym mikroskopie elektronowym. Badania umożliwiły analizę orientacji krystalograficznych z wykorzystaniem dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych EBSD. Badania wykazały obecność granic

szerokokątnych, co dowodzi że za pojedyncze ziarno w strukturze uznajemy „igłę” martenzytycznej fazy α' . Rozkład orientacji krystalograficznych wskazuje na brak periodyczności mikrostruktury, jej rozkład jest losowy. Zdjęcia z EBSD mikrostruktury zostały przekształcone na zbiór krzywych w programie CorelDRAW a następnie utworzono powierzchnie i poddano je dyskretyzacji w programie HyperMesh (Rys.1).



RYSUNEK 1. Przekształcenie wycinka mikrostruktury na podstawie zdjęcia z analizy EBSD na zestaw uproszczonych krzywych i powierzchni

SYMULACJE NUMERYCZNE

Analizy numeryczne przeprowadzono w systemie LS-DYNA w kilku wariantach. Do analiz z uwzględnieniem algorytmu kontaktowego typu TIEBREAK siatka elementów skończonych na styku sąsiadujących ziaren została odpowiednio zagęszczona. Przetestowano kilka modeli konstytutywnych materiałów uwzględniających plastyczne płynięcie i szybkość odkształceń takich jak Johnson – Cook i Piecewise Linear Plasticity. W kolejnym wariacie na granicy ziaren zamodelowano warstwę elementów pośrednich, do których przypisano model materiału plastycznego natomiast ziarnom materiał sprężysty. Wymuszenie w formie przemieszczenia pozyskane z eksperymentu rozciągania próbek o przekroju 5mm x 0,5 mm zostało odpowiednio przeskalowane na potrzeby symulacji. Analizy objęły ponadto wpływ rozmiaru badanego obszaru oraz zastosowanych warunków brzegowych na otrzymywane charakterystyki odkształcenia i naprężenia.

PODZIĘKOWANIA

Praca realizowana w ramach projektu NCN „Dynamic behaviour of cellular graded structures” – projekt UMO-2015/17/B/ST8/00825.

LITERATURA

1. I. Palcic, M. Balazic, M. Milfelner I B.Buchmeister, *Potential of Laser Engineered Net Shaping (LENS) Technology* (Materials and Manufacturing Processes 24, 2009), pp. 750–753.
2. M. Ekh, S. Bargmann, M. Grymer, *Influence of grain boundary conditions on modeling of size-dependence in polycrystals* (Acta Mech 218, 2011), pp.103-113.
3. J. Szyndler, L. Madej, *Effect of number of grains and boundary conditions on digital material representation deformation under plane strain* (Archives of Civil and Mechanical Engineering 14, 1014), pp. 360-369.