

**Sekcja Procesów Przeróbki Plastycznej  
Komitetu Metalurgii PAN**

**Sekcja Mechaniki Materiałów  
Komitetu Mechaniki PAN**

## **XI Konferencja Naukowa**

**ZINTEGROWANE STUDIA PODSTAW  
DEFORMACJI PLASTYCZNEJ METALI**

**PLASTMET' 2018**



**MATERIAŁY KONFERENCYJNE  
BOOK OF ABSTRACTS**

**27 - 30 listopada 2018  
Muzeum Zamek w Łańcutie**

## **Termomechaniczne kształtowanie profili rurowych wspomagane laserowo**

Jacek Widłaszewski<sup>1</sup>, Marcin Nowak<sup>1</sup>, Zdzisław Nowak<sup>1</sup>, Piotr Kurp<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, <sup>2</sup> Politechnika Świętokrzyska

Przedmiotem pracy jest analiza procesu kształtowania plastycznego cienkościennej rury wykonanej ze stali nierdzewnej X5CrNi18-10 z zastosowaniem wiązki laserowej. Oprócz pola temperatury generowanej przez laser na rurę działają siły od narzędzi formujących, które stanowią część specjalnie opracowanego stanowiska do gięcia rur. Proces gięcia rury polega na lokalnym nagrzewaniu wiązką laserową powierzchni rury wraz z jej jednoczesnym przesuwem po torze wyznaczonym przez ramię gnące i siłownik pchający. W procesie deformacji dochodzi do uplastycznienia kolejnych przekrojów rury wywołanego momentem gnącym oraz polem temperatury.

W czasie badań eksperymentalnych rejestrowana jest wypadkowa siła jako rezultat zadanego wymuszenia kinematycznego początku rury oraz lokalna temperatura w środku plamki lasera. Oprócz badań doświadczalnych cały proces zaginania rury został zamodelowany z użyciem metody elementów skończonych w programie ABAQUS. W tym celu proces deformacji rury został podzielony na dwie sekwencyjne sprzężone symulacje numeryczne. Pierwsza z nich polega na rozwiązaniu zagadnienia przepływu ciepła od ruchomego źródła ciepła wywołanego przez wiązkę laserową. Druga symulacja opisuje proces gięcia mechanicznego wraz z zmieniającym się w czasie polem temperatury uzyskanym z pierwszej symulacji.

Uzyskane z badań doświadczalnych charakterystyki siły w funkcji przemieszczenia oraz lokalnej temperatury posłużyły do weryfikacji zaproponowanego modelu numerycznego. Na podstawie wyników symulacji numerycznych przeprowadzono analizę stanu naprężenia oraz kształtu rury po procesie zaginania.

Wyniki wskazują, że zaproponowana metoda zaginania może z powodzeniem zostać użyta do kształtowania profili cienkościennych w szczególności gdy wymagane są duże kąty zagięcia i mały powrót sprężysty po odciążeniu.

*Badania przedstawione w niniejszym streszczeniu zostały dofinansowane w ramach grantu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (Nr PBS3/A5/47/2015).*



## **Laser-assisted thermomechanical bending of tube profiles**

The subject of the work is the analysis of the plastic forming process of a thin-walled tube made of X5CrNi18-10 stainless steel with the use of a laser beam. The deformation of the tubes is caused by the temperature field generated by the laser beam and the contact forces generated by the forming tools that are the part of the specially designed experimental setup. The tube bending process consists of local heating of the tube by a moving laser beam and simultaneous kinematic enforcement by the actuator and a bending arm. In the deformation process, the yielding of the material occurs, which is caused by the local bending moment and elevated temperature.

During experimental investigations, the resultant force of the actuator and the local temperature in the middle of the laser spot are recorded. In addition to experimental tests, the bending process of the tube was modelled using the finite element method in the ABAQUS program. For this purpose, the tube deformation process was divided into two sequentially coupled numerical simulations. The first one is the heat transfer analysis of a moving laser beam over the tube surface. The second simulation describes the process of mechanical bending together with the time-varying temperature field obtained in the first simulation. The force recorded during experiments and local temperature were used to verify the proposed numerical model.

Based on the numerical solution, the final stress state and the deformation of the tube after the bending process are analysed. The results indicate that the proposed bending method can be successfully used to forming of the thin-walled profiles, in particular when large bending angles and a small spring-back effect are of interest.

*The research reported herein was supported by a grant from the National Centre for Research and Development (No. PBS3/A5/47/2015).*