

Tomografia komputerowa w pomiarach grubości ścianek profili uzyskiwanych po gięciu

Computed tomography for wall thickness measurements of bent profiles

BARTOSZ GAPIŃSKI
 MICHAŁ WIECZOROWSKI
 MACIEJ SZYMAŃSKI
 SEBASTIAN SZYMAŃSKI
 MIROSLAW GRZELKA
 ARTUR RĘKAS *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.504

Tomografia komputerowa (CT) jest najnowszą techniką pomiarową wśród metod współrzędnościowych. W artykule przedstawiono możliwość jej aplikacji do pomiaru i oceny profili uzyskiwanych w procesie gięcia. CT umożliwia ocenę grubości oraz analizę ewentualnych pocienień ścianek. Po uzyskaniu przestrzennego wyniku pomiaru pozwala również na ocenę w oparciu o model CAD. CT jest zaliczana do metod NDT, co pozwala również na kontrolę pęknięć czy porowatości.

SŁOWA KLUCZOWE: tomografia komputerowa, dokładność pomiaru, profile aluminiowe, gięcie, obróbka plastyczna

Computed tomography (CT) is the newest group belonging to coordinate measuring techniques. In the paper its application to measure and evaluate profiles obtained by bending was described. CT makes it possible to assess thickness of walls and detect places where it is too small. After obtaining a 3D image as a result of measurement it is also possible to compare the obtained data with a CAD file. CT is also considered as NDT technique, so all the pores and cracks can be easily inspected. KEYWORDS: computed tomography, measurement accuracy, aluminum profiles, bending, plastic deformation

Tomografia komputerowa jest nową techniką pomiarową wśród metod współrzędnościowych. Znana jest w medycynie od lat 70., jednak jako technika pomiarowa stosowana jest od około 10 lat. Szerokie możliwości tomografii powodują dynamiczny rozwój obszarów jej aplikacji. Jednym z takich przykładów jest kontrola geometrii giętych profili aluminiowych o przekroju zamkniętym [1–3].

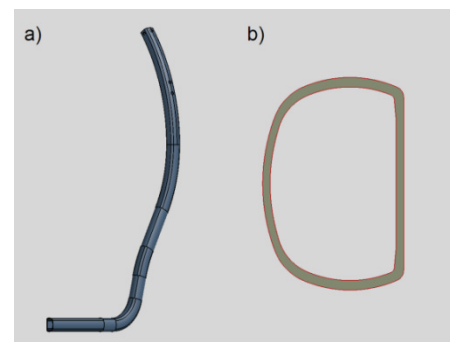
Profile aluminiowe

Profile produkowane są w przeróżnych kształtach i rozmiarach od standardowych po wykonywane na specjalne zamówienie. W zależności od wymagań profil aluminiowy musi spełniać różne funkcje. Są to m.in. wytrzymałość, skomplikowany kształt czy estetyka. Wymagania te powinny być spełnione zarówno po procesie wyłaczania, jak również po dalszych procesach obróbki plastycznej [4].

* Dr inż. Bartosz Gapiński (bartosz.gapinski@put.poznan.pl), prof. dr hab. inż. Michał Wieczorowski (michal.wieczorowski@put.poznan.pl), dr inż. Mirosław Grzelka (miroslaw.grzelka@put.poznan.pl) – Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej; mgr inż. Maciej Szymański (maciej.szymanski@ster.com.pl) – Ster Sp. z o.o.; Sebastian Szymański (sebastian.szymanski@ster.com.pl) – OBR Ster Sp. z o.o.; dr inż. Artur Rękas (arekas@agh.edu.pl) – Akademia Górniczo-Hutnicza

Jednym z niekorzystnych zjawisk występujących w trakcie gięcia profili aluminiowych jest pocienienie ścianek. Zjawisko takie może spowodować utratę granicznych właściwości wytrzymałościowych analizowanej konstrukcji. W omawianym przypadku badany profil aluminiowy, po odpowiednim ukształtowaniu w procesie gięcia, stanowi ramę nośną fotela, który może być stosowany w pojazdach komunikacji zbiorowej. Jest to zatem odpowiedzialny element konstrukcyjny, od którego zależy wytrzymałość fotela na różnego typu obciążenia i będące podstawą uzyskania homologacji pozwalającej na jego użytkowanie. Jednocześnie najważniejszą rzeczą kwestią jest zapewnienie przez konstrukcję fotela bezpieczeństwa podróżujących w nim pasażerów.

Ze względu na konieczność spełnienia szeregu wymagań opracowano własny kształt profilu aluminiowego przypominający w przekroju literę D (rys. 1b). Dodatkowo dla uzyskania optymalnego stosunku wytrzymałości do masy profil charakteryzuje się inną grubością dłuższych i krótszych boków.



Rys. 1. Badany profil aluminiowy: a) model 3D gotowego profilu giętego, b) przekrój profilu w kształcie litery D

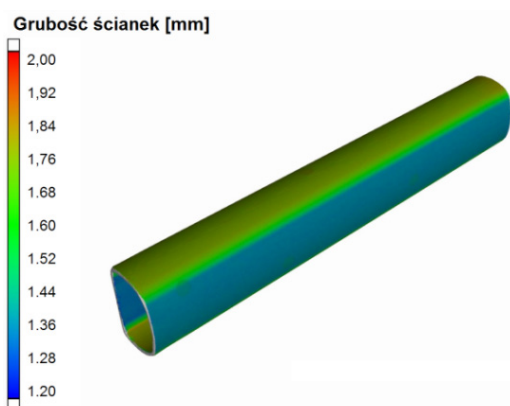
Tomografia komputerowa

W omawianych zastosowaniach metrologicznych używane są tomografie rentgenowskie. W trakcie pomiaru promieniowanie X przenika przez obiekt badany. W zależności od gęstości lub grubości penetrowanego materiału promieniowanie ulega różnemu osłabieniu i w takiej postaci jest rejestrowane przez detektor jako zdjęcie 2D. Wynik pomiaru – czyli obraz przestrzenny badanego elementu – otrzymywany jest w wyniku rekonstrukcji szeregu zdjęć 2D wykonanych w różnych położeniach względem jednej wspólnej osi obrotu [5–7].

Pomiar profilu giętego

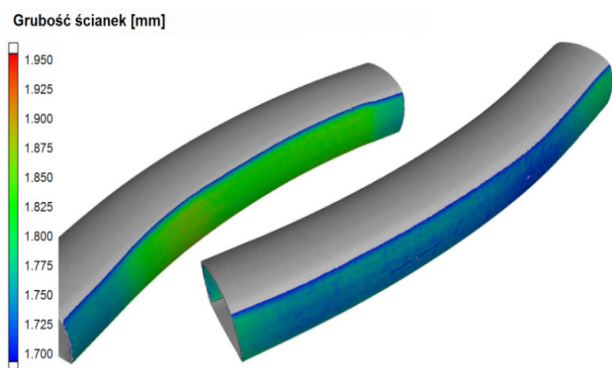
Jak już wspomniano, jednym z problemów w wytwarzaniu profili giętych jest zjawisko pocieniania ścianek. CT pozwala na przestrzenną ocenę profilu o dowolnym kształcie, również przypadku, gdy badane ścianki są niedostępne dla metod stykowych i niewidoczne dla optycznych. Ze względu na wymiary przestrzeni roboczej CT konieczne było pocięcie gotowego profilu fotela na sześć części.

Jako pierwszy badaniu poddano fragment profilu, na którym nie wykonywano procesu gięcia (rys. 2). Kolejnym był fragment profilu po obróbce plastycznej. Oprogramowanie umożliwia zarówno ocenę całego elementu, jak również analizę grubości ścianek jedynie dla zdefiniowanego zakresu (rys. 3).



Rys. 2. Pomiar grubości ścianek dla profilu wyjściowego

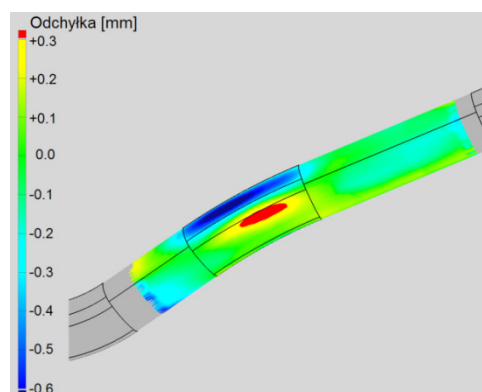
Na rys. 2 można zaobserwować rozkład grubości ścianek dla całego profilu. Wyraźnie widać różnicę grubości ścian pionowych i poziomych. Taka obserwacja daje obraz całości, jednak nie pozwala na szczegółową analizę przebiegu zmian grubości ścianek.



Rys. 3 Pomiar grubości ścianek w miejscu gięcia – widok od strony wewnętrznej i zewnętrznej

Na rys. 3 przedstawiono analizę zmian grubości ścianek na przykładzie wygiętego profilu. Można zaobserwować zmianę grubości ścian po wewnętrznej i zewnętrznej stronie łuku. Co w pełni zrozumiałe, pocienieniu ulega ścianka po stronie zewnętrznej. Wyraźnie widać, iż zmiana grubości jest równomierna na całej długości łuku i nie występują jej zmiany lokalne.

W wyniku pomiaru tomografem komputerowym otrzymujemy wynik w postaci modelu przestrzennego. Możliwa jest zatem ocena geometrii zmierzonego elementu względem idealnego modelu CAD (rys. 4).



Rys. 4. Mapa odchyłek fragmentu profilu giętego od zarysu nominalnego CAD

Podsumowanie

W artykule przedstawiono możliwość zastosowania tomografii komputerowej do oceny zmiany grubości ścianek dla profili aluminiowych po procesie gięcia. Uzyskane przykładowe wyniki pozwalają zaobserwować, że różnica grubości pomiędzy ścianą wewnętrzną i zewnętrzną łuku (rys. 3) zawiera się w zakresie 0,1 mm. Jest to wartość dopuszczalna z punktu widzenia konstrukcji fotela i nie zagraża jego bezpiecznej eksploatacji. Również porównanie z modelem CAD (rys. 4) pozwala ocenić, że odchyłki powierzchni profilu mieszczą się w zakresie $\pm 0,2$ mm, a jedynie w miejscach ekstremalnych osiągają wartości na poziomie $+0,3$ mm oraz $-0,6$ mm. Są to wartości nieznacznie przekraczające przyjęte tolerancje i należy je zredukować na etapie regulacji procesu produkcyjnego.

Prezentowane wyniki badań, zrealizowane w ramach tematu nr 02/22/DSPB/1318, zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz w ramach projektu: Opracowanie technologii wytwarzania nowej generacji ultralekkich foteli do komunikacji zbiorowej spełniających wymagania dyrektyw UE, regulaminów ONZ oraz Białej Księgi Amerykańskiej, Innotech In-Tech K2/ /IN2/58/182896/NCBR/12.

LITERATURA

1. Kruth J.-P., Bartscher M., Carmignato S., Schmitt R., De Chiffre L., Weckenmann A. "Computed tomography for dimensional metrology". *CIRP Annals*. Vol. 61, No. 2 (2011).
2. Ratajczyk E. „Tomografia komputerowa CT w zastosowaniach przemysłowych. Cz. I. Idea pomiarów, główne zespoły i ich funkcje”. *Mechanik*. Nr 2 (2011): s. 111–117.
3. Krolczyk J.B., Gapinski B., Krolczyk G.M., Samardzic I., Maruda R.W., Soucek K., Legutko S., Nieslony P., Javadi Y., Stas L. "Topographic inspection as a method of weld joint diagnostic". *Tehnički vjesnik*. Vol. 23, No. 1, ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), DOI: 10.17559/TV-20141230182054 (2016): pp. 301–306.
4. Chatti S. "Production of Profiles for Lightweight Structures". Habilitation Thesis, Université de Franche-Comté UFR Sciences et Techniques (2005), ISBN 3-8334-4929-2.
5. Christoph R., Neumann H.J. "X-ray Tomography in Industrial Metrology, Precise, Economical and Universal". Verlag Moderne Industrie (2011), ISBN 978-3-86236-020-8.
6. Gapinski B., Wiciorowski M., Marciniak-Podsadna L., Dybala B., Ziolkowski G. "Comparison of Different Method of Measurement Geometry Using CMM, Optical Scanner and Computed Tomography 3D". *Procedia Engineering*. Vol. 69 (2014): pp. 255–262.
7. Heinzl Ch., Kastner J., Georgi B., Lettenbauer H. "Comparison of surface detection methods to evaluate cone beam computed tomography data for three dimensional metrology". *DIR 2007 – International Symposium on Digital industrial Radiology and Computed Tomography*. June 25–27 2007, Lyon, France.