

Kształtowanie wytłoczki płytki ustalającej w tłoczniku progresywnym

Forming of fixing plate in a progressive die

JAROSŁAW ŚWITACZ
JAROSŁAW BARTNICKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.11.157>

English version available on: www.mechanik.media.pl

Przedstawiono proces wytłaczania wyrobu w postaci płytki ustalającej, kształtowanej w tłoczniku progresywnym. Analizę numeryczną objęto wybrane takty wytłaczania. Wykorzystano oprogramowanie Simufact Forming, w którym wykonano obliczenia metodą elementów skończonych. W toku symulacji wyznaczono rozkłady naprężeń oraz odkształceń zastępczych, występujących w półwyrobie w wybranych taktach procesu. Ponadto określono przebiegi parametrów siłowych, niezbędne do prawidłowej realizacji procesu wytłaczania. Na podstawie obliczeń numerycznych zrealizowano rzeczywisty proces wytłaczania w tłoczniku progresywnym. Uzyskane wytłoczki zmierzono za pomocą urządzenia pomiarowego 3D. Nałożone na siebie modele ze skanera oraz obliczeń numerycznych posłużyły do rzeczywistego porównania uzyskiwanych odchyłek wymiarowych. Potwierdzono wysoką przydatność oprogramowania numerycznego do projektowania narzędzi stosowanych w obróbce plastycznej.

SŁOWA KLUCZOWE: tłocznik progresywny, MES

The paper describes the extrusion process of the product in the form of a fixing plate formed in a progressive die. Numerical analysis included selected extrusion cycles. The Simufact Forming software was used to perform finite element calculations. In the course of the simulation, stress distributions and substitute deformations found in semi-product during selected process cycles, were determined. In addition, strength parameters were determined, which is necessary for the correct extrusion process. Based on numerical calculations, the actual extrusion process was performed in a progressive die. Obtained extrudates were measured using a 3D measuring device. Overlapping models from the scanner and numerical calculations were used to make a real comparison of the resulting dimensional deviations. A high usefulness of the software for designing tools used in plastic processing, has been proved.

KEYWORDS: progressive drawing tool, FEM

W rozwijającym się przemyśle rośnie udział procesów wymagających ograniczonych nakładów energii i czasu, a jednocześnie generujących minimalną ilość odpadów (dotyczy to m.in. technologii kształtowania plastycznego wyrobów), co jest zgodne z polityką UE na najbliższe lata.

Obróbka plastyczna na zimno pozwala na formowanie wyrobów, które nie muszą być poddawane dalszej obróbce mechanicznej. Przykładem są blachy ukształtowane w procesach tłoczenia i przeznaczane na wszelkiego typu wsporniki, osłony, elementy przeniesienia napędu itp. Wraz z upowszechnianiem się procesów tłoczenia dokonuje się ciągły postęp w zakresie konstrukcji narzędzi, tj. różnego typu tłoczników. Odpowiednio do potrzeb związanych ze zwiększaniem wydajności produkcji wielkoseryjnej lub masowej tłoczники często projektuje się jako narzędzia progresywne o budowie łączącej w sobie

nawet do kilkunastu taktów. Wyższystopieńskomplikowania budowy tłoczników wymusza na konstruktorach prowadzenie prac badawczych w zakresie nadawania półwyrobom i wyrobom gotowym pożądanej formy w kolejnych taktach kształtowania [1–3]. Różnorodność operacji wytłaczania, przetłaczania, wywijania, zaginania itd. w połączeniu z coraz bardziej skomplikowanymi kształtami wyrobów rodzi szereg wątpliwości natury konstrukcyjnej, dotyczących zwłaszcza zachowania się materiału pod wpływem obciążenia. Trudności technologiczne wynikają również z narzuconych coraz węższych tolerancji wymiarowych, które weryfikuje się podczas rygorystycznych odbiorów technicznych wytwarzanych wyrobów. W związku z tym naturalne wydaje się stosowanie symulacji numerycznych w konstruowaniu złożonych narzędzi do wytłaczania [1–5].

Istnieje kilka pakietów komercyjnego oprogramowania, przeznaczonych do obliczeń numerycznych o charakterze symulacyjnym za pomocą metody elementów skończonych (MES). Dzięki MES można zasymulować pracę narzędzia i proces kształtowania wyrobu, więc ewentualne błędy można wykryć jeszcze na etapie konstrukcyjnym, a nie dopiero w trakcie wykonywania narzędzi. Skutkuje to także ewentualnym zmniejszeniem kosztów dostosowania przyrządów w ramach założonej optymalizacji.

Na potrzeby analizy procesu tłoczenia autorzy zdecydowali się wykonać symulacje w oprogramowaniu Simufact Forming, pozwalającym na wygenerowanie siatki elementów powierzchniowych, które wystarczająco dokładnie odwzorowują zakładany kształt półfabrykatu oraz powstającej wytłoczki [6–9].

Budowa analizowanego tłoczника

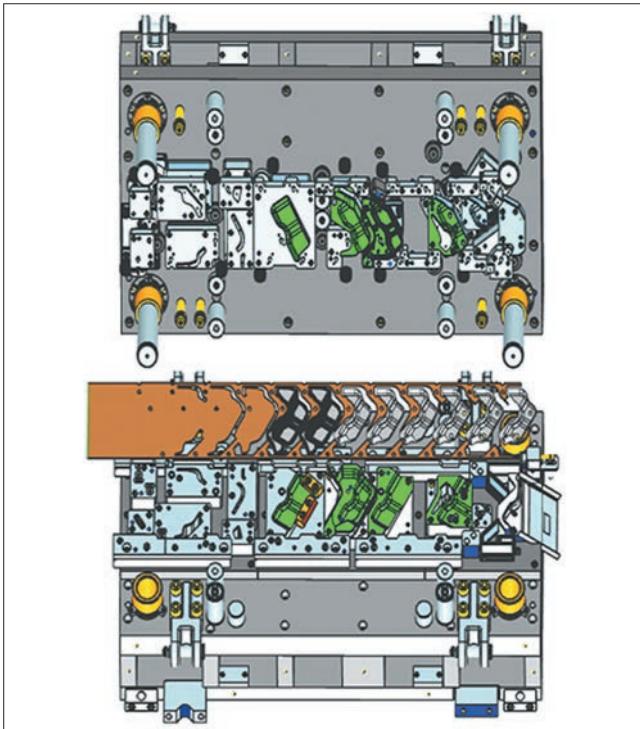
Tłocznik postępowy, pokazany na rys. 1–3, przeznaczony do tłoczenia płytki ustalającej składa się z 12 taktów. Na rys. 3 i w górnej części rys. 1 widoczne są: stemple, nakładki dociskacza, kostki zwarciove, części prowadzące (słupy i tuleje prowadzące) oraz płyty i zaczepy.

W dolnej części rys. 1 i na rys. 2 widoczne są: matryce, elementy unoszące i prowadzące pas, zaczepy, elementy ustalające, tuleje prowadzące, kostki zwarciove oraz płyta. Pomiędzy dolną a górną częścią przyrządu przedstawionego na rys. 1 znajduje się pas blachy, który pokazano na rys. 4.

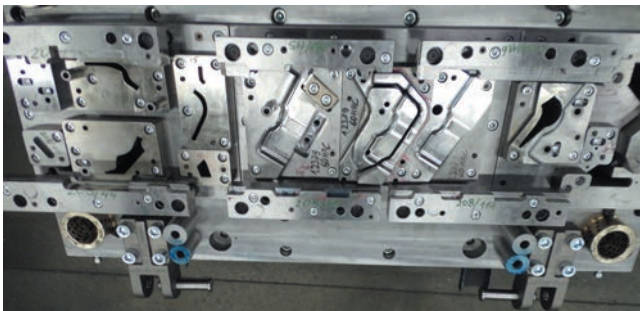
Podział tłoczника na poszczególne takty:

- takt 1 – dziurkowanie pod piloty,
- takty 2–4 – takty okrawające,
- takt 5 – gięcie w dół,
- takt 6 – takt pusty,
- takt 7 – wywijanie obrzeży do góry,
- takt 8 – dołączanie jako kalibrowanie kształtu,
- takt 9 – takt pusty,
- takt 10 – okrawanie i dziurkowanie,
- takt 11 – dziurkowanie,
- takt 12 – odcinanie.

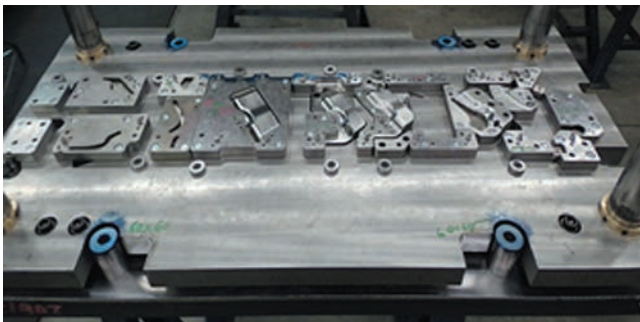
* Mgr inż. Jarosław Świtacz, dr hab. inż. Jarosław Bartnicki (j.bartnicki@pollub.pl) – Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej, Politechnika Lubelska



Rys. 1. Tłocznik progresywny – model poglądowy



Rys. 2. Część dolna tłoczni z widocznymi listwami przewodzącymi



Rys. 3. Część górna tłoczni z widocznymi stemplami i uniesionym dociskaczem



Rys. 4. Widok z góry pasa blachy z wytłoczką po kolejnych operacjach

Przedstawiony tłocznik został zaprojektowany do prasy korbowej o sile nacisku 4000 kN. Przyrząd po zamontowaniu na prasie pokazano na rys. 5, na którym widać również dodatkowe oprzyrządowanie, tj. podajnik pasa blachy (po stronie prawej) i podajnik taśmowy do odbioru wytłoczek (po stronie lewej).

Rys. 5. Widok tłoczni zabudowanej w prasie korbowej wraz z dodatkowym oprzyrządowaniem



Na etapie projektowania wytypowano możliwe zagrożenia odchyłek wymiarowych oraz kształtu powstających półfabrykatów i na tej podstawie do symulacji numerycznej wybrano takty 5, 7 oraz 10.

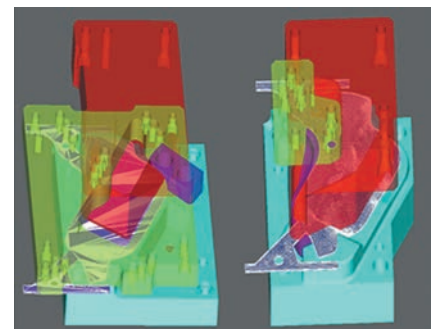
Tłocznik został zaprojektowany w programie NX10, głównie w jego module *Progressive Die Wizard* przeznaczonym do projektowania tłoczników postępowych. Narzędzie to wspomaga projektowanie tłoczni i rozwijanie blach w poszczególnych taktach, tworząc tzw. layout, czyli pas blachy z kształtem wytłoczki w każdym takcie. Modele wytłoczki w każdym takcie posłużyły do stworzenia modeli narzędzi kształtujących i okrawających. Modele przygotowano do symulacji w programie NX i wyeksportowano do formatu STL.

Analiza numeryczna

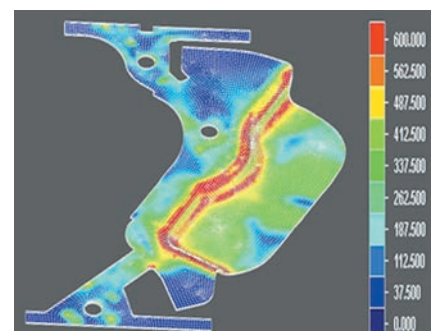
Celem symulacji numerycznych była weryfikacja przyjętych założeń konstrukcyjnych pod kątem uzyskania zakładanego kształtu półfabrykatów w procesie tłoczenia. Na rys. 6 przedstawiono przykładowe modele obliczeniowe zaimportowane do środowiska oprogramowania Simufact Forming, natomiast na rys. 7 – rozkład naprężeń zastępczych, obliczonych dla końca kształtowania w takcie 5.

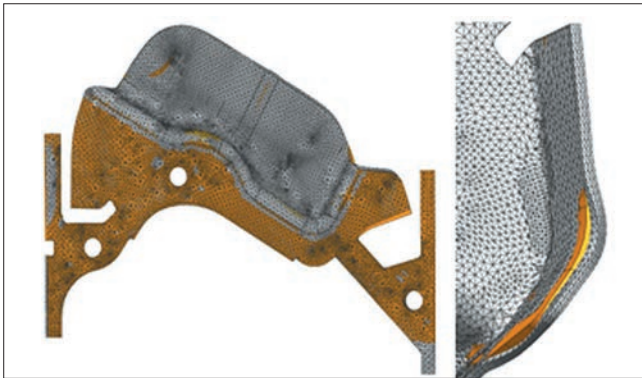
Wyniki obliczeń numerycznych dla kolejnych etapów projektowania tłoczni na bieżąco porównywano z zarysem teoretycznym półfabrykatów. Na rys. 8 zestawiono wybrane wyniki dla taktów 5 i 7. Widać na nim różnice uzyskanych kształtów powstającego elementu. Na tej podstawie zmieniano konstrukcję tłoczni, co przyczyniło się do ograniczenia obserwowanych odchyłek kształtu.

Rys. 6. Modele numeryczne dla taktu 5 (po lewej) oraz taktu 7 (po prawej)



Rys. 7. Rozkład naprężeń zastępczych (w MPa) na koniec taktu 5





Rys. 8. Nałożone na siebie zarysy teoretyczne oraz uzyskane w obliczeniach numerycznych dla taktu 5 (po lewej) oraz dla taktu 7 (po prawej)

Uzyskane różnice kształtu wyrobów w takcie 5 oraz 7 wskazały na konieczność wprowadzenia modyfikacji konstrukcyjnych w narzędziach. Pod uwagę należało jednak wziąć kształty półfabrykatów we wcześniejszych taktach, ponieważ podczas gięcia w operacji 5 występowało lekkie wydłużenie. Zanotowane w symulacji różnice wynosiły od 0,1 mm aż do 4,8 mm. W celu poprawy jakości wyrobów zdecydowano się na dodanie listew prowadzących oraz dodatkowych pilotów [7–9]. Rozwiązanie to ograniczyło momenty skręcające i przyczyniło się do radykalnej poprawy dokładności kształtowania zgodnie z zamierzeniami konstrukcyjnymi.

Wyniki badań doświadczalnych

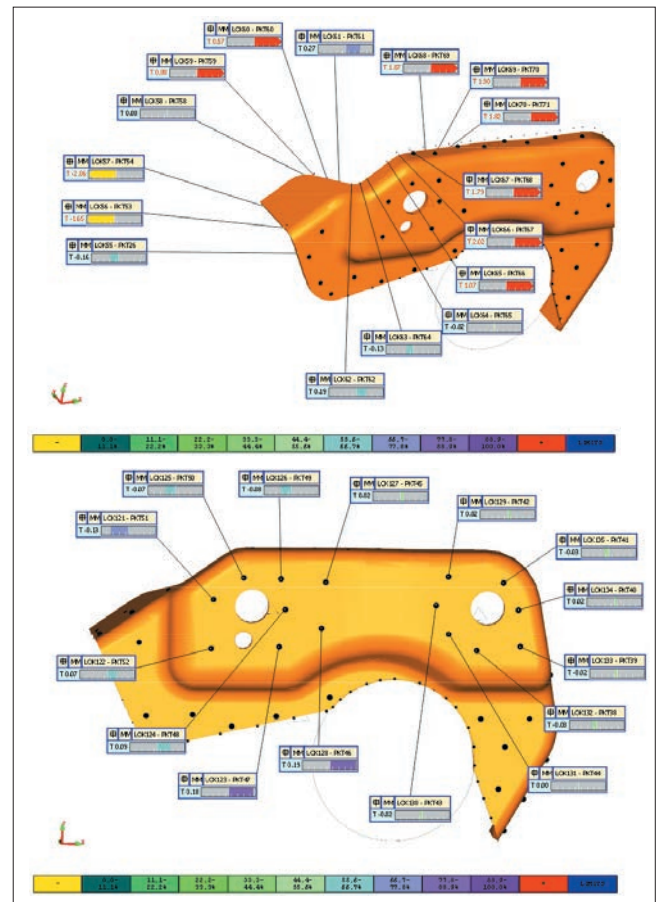
W ramach badań doświadczalnych analizowano kształtowanie materiału po pierwszych zmianach konstrukcyjnych, kiedy możliwe było zweryfikowanie poprawności rezultatów uzyskanych na drodze numerycznej. Wprowadzone modyfikacje przyczyniły się do stopniowego ograniczenia odchyłek wymiarowych i osiągnięcia zakładanych tolerancji wymiarowych oraz powtarzalności kształtu wytłoczek. Na rys. 9 przedstawiono przestrzeń roboczą współrzędnościowej maszyny pomiarowej w trakcie prowadzonych pomiarów odchyłek wymiarowych wytłoczki.



Rys. 9. Przestrzeń robocza maszyny pomiarowej w trakcie prowadzonych pomiarów odchyłek wymiarowych wytłoczki

Na rys. 10 podano początkowe i końcowe wyniki pomiarów uzyskiwanego wyrobu. Początkowe odchyłki wymiarowe, oznaczone kolorem żółtym i czerwonym, nie mieszczą się w polu tolerancji wyrobu. Po wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych zaczęto otrzymywać wyroby, które w pełni odpowiadają przyjętym założeniom. Wyrób w postaci płytki ustalającej, po naniesieniu końcowych zmian kon-

strukcyjnych w tłoczniku, został ponownie zmierzony na współrzędnościowej maszynie pomiarowej. Powierzchnia przetłoczenia mieściła się w przyjętym zakresie tolerancji $\pm 0,2$ mm.



Rys. 10. Wyniki pomiarów tolerancji wyrobu finalnego przed modyfikacją (na górze) oraz po modyfikacji (na dole) – na czerwono oznaczono przekroczenie odchyłki górnej, a na żółto – przekroczenie odchyłki dolnej

Podsumowanie

Na etapie konstruowania stosunkowo złożonego tłoczniaka progresywnego wykorzystano nowoczesne narzędzie symulacyjne MES, co przyczyniło się do znacznego skrócenia fazy testów oraz modyfikacji mającej na celu uzyskanie zakładanego kształtu wytłoczki. Zaproponowane rozwiązanie może stanowić przykład wdrożeniowy dotyczący praktycznego wykorzystania narzędzi CAx w projektowaniu procesów kształtowania plastycznego wyrobów z blach.

LITERATURA

- Marciniak Z., „Konstrukcja tłoczników”. Warszawa: Ośrodek Techniczny A. Marciniak Sp. z o.o., 2002.
- Markiewicz E., Wajda F., „Album konstrukcji tłoczników”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1974.
- Romanowski W.P., „Poradnik obróbki plastycznej na zimno”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1976.
- Romanowski W.P., „Tłoczenie na zimno”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1974.
- Praca zbiorowa, „Konstrukcja tłoczników”. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Techniczne, 1960.
- Pater Z., Samołyk G., „Podstawy technologii obróbki plastycznej metalu”. Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2013.
- Paquin J.R., Crowley R.E., „Die Design Fundamentals”. Second edition. NY: Industrial Press Inc., 1987, s. 244.
- Küttner R., Nekrassov G., „Development of an intelligent integrated environment for computer aided design of work holders”. *Proceedings NordDesign 2002*, ed. Per Boelskifte & Johannes B. Sigurjonsson, August 14–16 2002 NTNU, Trondheim, Norway, s.185–193.
- Progressive Die Wizard Help, EDS 2003.