

Analiza procesu wytłaczania wspornika samochodowego

Analysis of automotive fixing plate drawing process

JAROSŁAW ŚWITACZ
JAROSŁAW BARTNICKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.12.190>

Przedstawiono problematykę kształtowania wyrobów aluminiowych z wykorzystaniem tłoczni postępowej. Wykonano obliczenia numeryczne przygotowanych modeli geometrycznych w środowisku Simufact Forming. W symulacjach zaprezentowano rozkłady naprężeń oraz odkształceń w gotowym wyrobie. Równolegle przeanalizowano przebieg parametrów siłowych niezbędnych do realizacji założonego procesu kształtowania. Wyniki obliczeń numerycznych przeniesiono na wykonane w praktyce narzędzie. Wyniki rzeczywiste potwierdziły poprawność założeń przyjętych w procesie modelowania.

SŁOWA KLUCZOWE: tłocznik postępowy, MES

The paper deals with the drawing process of automotive fixing plates realized in progressive tools. Numerical analyses by means of FEM were done for chosen parts of the process. The distributions of effective stress, strain and load parameters were analyzed for realization of real process in practice. Good convergence between numerical results and final parts ones confirms very high applicability of FEM tools in these kinds of processes calculations.

KEYWORDS: progressive drawing tool, FEM

Notuje się ciągły postęp w konstrukcji narzędzi używanych w procesach tłoczenia. Ze względu na potrzebę podnoszenia wydajności produkcji wielkoseryjnej lub masowej tłoczni wykonuje się głównie jako narzędzia progresywne. W ich budowie stosuje się nawet do kilkunastu taktów procesu.

Zwiększanie stopnia skomplikowania budowy tłoczni wymusiło na konstruktorach badanie możliwości prognozowania kształtów półwyrobów oraz wyrobu gotowego w kolejnych taktach kształtowania [1–3]. Optymalizacja parametrów pracy tych narzędzi pod kątem zwiększania wydajności z jednoczesnym ograniczeniem czasu pracy oraz zużycia materiałów i energii jest przedmiotem ostrej konkurencji między narzędziowniami w wielu krajach. Dodatkowe zawężanie pól tolerancji w ocenie gotowych wyrobów sprawiło, że niemal nieodzowne stało się wykorzystanie symulacji numerycznych [1–5].

Wykonywanie obliczeń numerycznych o charakterze symulacyjnym, głównie z zastosowaniem metody elementów skończonych (MES), jest obecnie możliwe za pomocą kilku pakietów komercyjnego oprogramowania. Każdy z nich ma zarówno wady, jak i zalety.

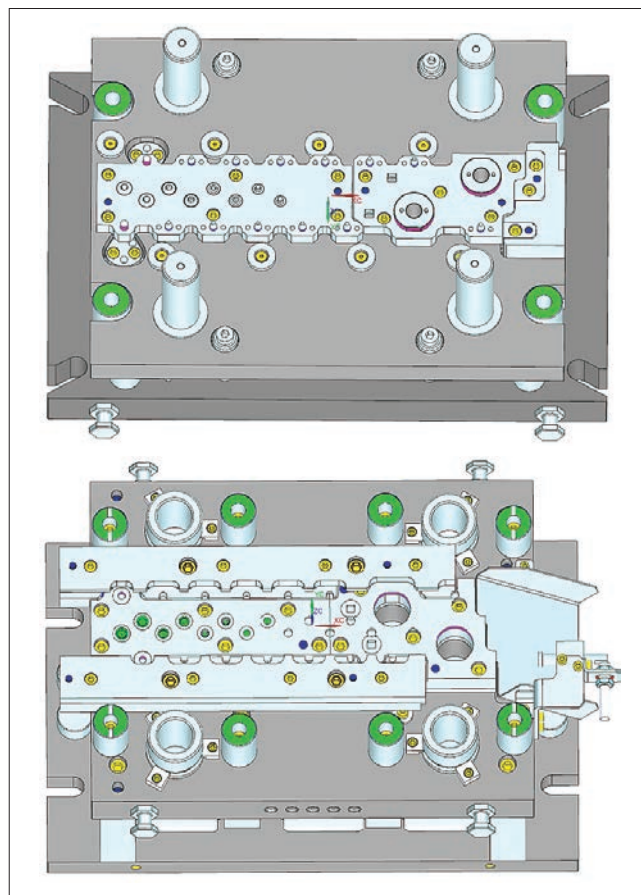
W trakcie analizy procesu wytłaczania wspornika samochodowego zdecydowano się na przeprowadzenie obliczeń numerycznych w środowisku Simufact Forming [6–9]. Założona konstrukcja tłoczni, składającego się z sześciu taktów, w toku symulacji numerycznych została rozbudowana o dodatkowe operacje związane ze zminimalizowaniem ryzyka pęknięcia blachy. Przedstawiona dalej budowa tłoczni jest rozwiązaniem docelowym, wdrożonym w warunkach przemysłowych. Kształt wyrobu finalnego przedstawiono na rys. 1.

Budowa tłoczni

Tłocznik postępowy, przedstawiony na rys. 2, przeznaczony do tłoczenia płytki ustalającej, składa się z dziewięciu taktów. Na rys. 2 widać: płyty, stemple, nakładki dociskacza, części prowadzące (słupy i tuleje prowadzące) oraz kostki zwarciove i zaczepy. Przedstawiono: płytę, matryce, tuleje prowadzące, elementy unoszące i prowadzące pas, rynnę, kostki zwarciove, zaczepy oraz czujnik podania pasa blachy. Layout pasa blachy pokazano na rys. 3, natomiast jego szkic z wyodrębnieniem stref kształtowania – na rys. 4.

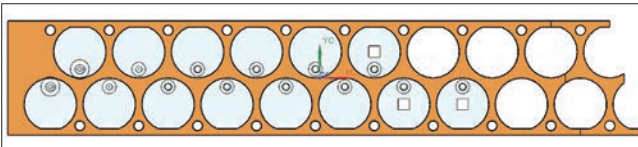


Rys. 1. Wspornik samochodowy – wyrób finalny



Rys. 2. Tłocznik postępowy – model części górnej wraz z dociskaczem oraz model części dolnej z widocznymi listwami prowadzącymi

* Mgr inż. Jarosław Świtacz (jaroslaw.switacz@o2.pl), dr hab. inż. Jarosław Bartnicki (j.bartnicki@pollub.pl) – Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej, Politechnika Lubelska

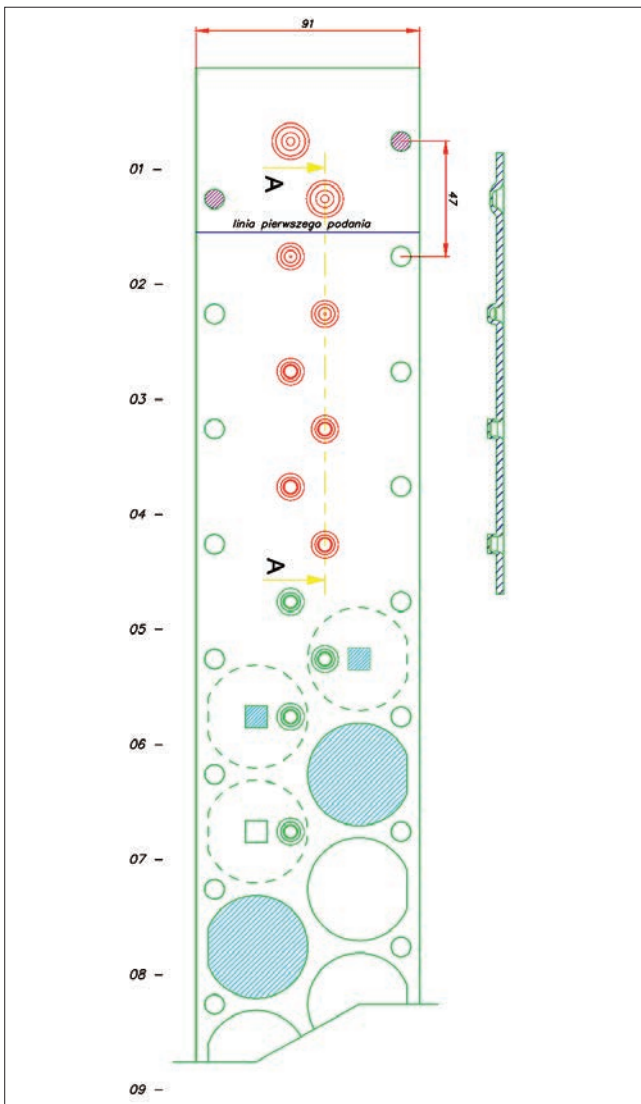


Rys. 3. Model pasa blachy (layout)

Tłocznik podzielono na dwie części. Pierwsza część zawiera się od pierwszego do czwartego taktu i jest przedstawiona na rys. 5–6. Druga część to takty od piątego do dziewiątego, widoczne na rys. 7–8.

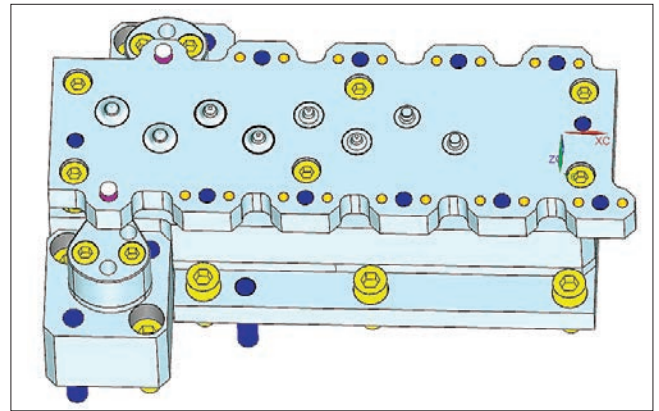
W pierwszym takcie następuje dziurowanie pod piloty oraz wstępne nabieranie materiału pod przedstawione wytłoczenie. W drugim i trzecim takcie przeprowadza się wstępne tłoczenie, a w czwartym – dotłaczanie ostatecznego kształtu przetłoczenia. W piątym takcie dziurowany jest otwór kwadratowy, natomiast w szóstym i ósmym takcie wycinany jest cały wyrób. Takt siódmy jest pusty ze względów konstrukcyjnych. W ostatnim takcie następuje docinanie odpadu.

Tłocznik został zaprojektowany do prasy korbowej. Na etapie projektowania wytypowano zagrożenia wystąpienia odchyłek wymiarowych oraz kształtu powstających półfabrykatów, a także możliwość pęknięcia denka w przetłoczeniu. Analiza numeryczna pozwoliła na ustalenie konieczności wykonywania przetłoczenia w czterech następujących po sobie taktach (rys. 4).

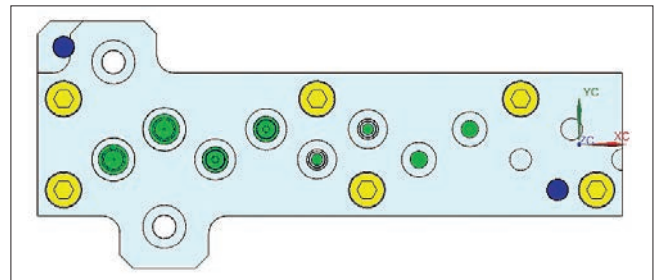


Rys. 4. Widok z góry pasa blachy z wytłoczką po kolejnych operacjach

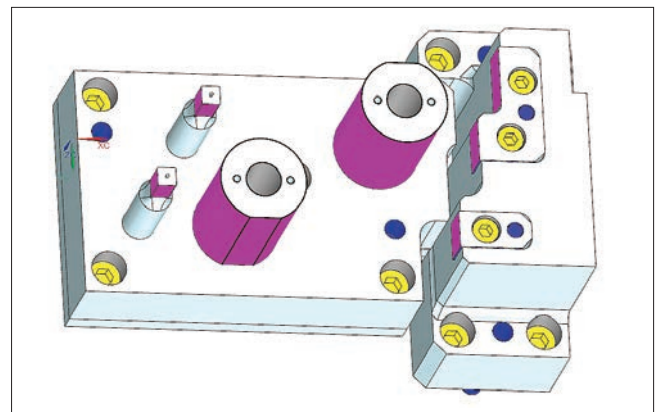
Tłocznik został zaprojektowany w programie NX10, głównie w module Progressive Die Wizard przeznaczonym do projektowania tłoczników postępowych. Narzędzie to wspomaga projektowanie tłocznika i rozwijanie blach w poszczególnych taktach, tworząc tzw. layout, czyli pas blachy z kształtem wytłoczki w każdym takcie.



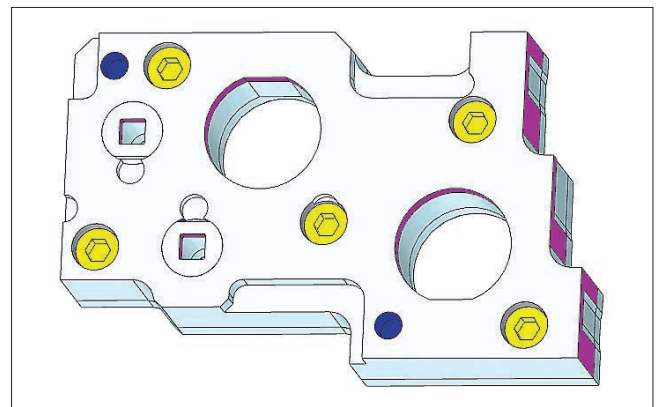
Rys. 5. Część pierwsza górna (od pierwszego do czwartego taktu)



Rys. 6. Część pierwsza dolna (od pierwszego do czwartego taktu)



Rys. 7. Część druga górna (od piątego do dziewiątego taktu)



Rys. 8. Część druga dolna (od piątego do dziewiątego taktu)

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.

Podział tłoczniaka na poszczególne takty wykonano według schematu:

- pierwszy takt – dziurowanie i tłoczenie,
- drugi takt – tłoczenie,
- trzeci takt – tłoczenie,
- czwarty takt – dotłaczanie,
- piąty takt – dziurowanie,
- szósty takt – okrawanie,
- siódmy takt – pusty,
- ósmy takt – okrawanie,
- dziewiąty takt – odcinanie odpadu.

Analiza numeryczna

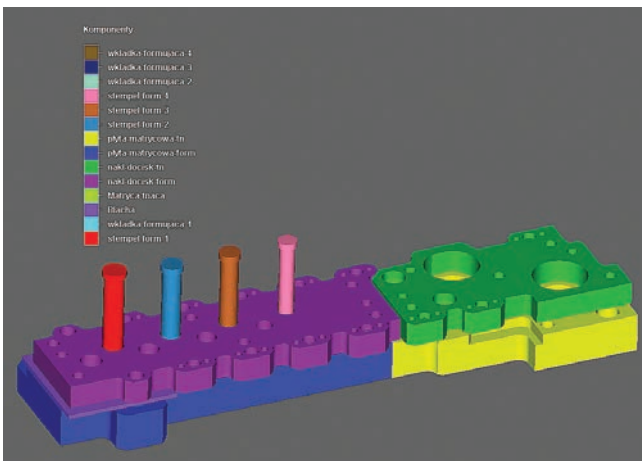
Założenia wstępne dla konstrukcji tłoczniaka weryfikowano za pomocą analizy MES. Zaprojektowany tłoczniak zaimportowano do środowiska programu Simufact Forming (rys. 9).

Ze względu na niewielkie promienie zaokrąglenia ($R=0,3$) formowanego przetłoczenia konieczne było przeanalizowanie powstawania tego kształtu. Z powodu braku miejsca ograniczono się do podania rozwiązania końcowego, warunkującego spełnienie przez wytłoczkę wymagań wymiarowych.

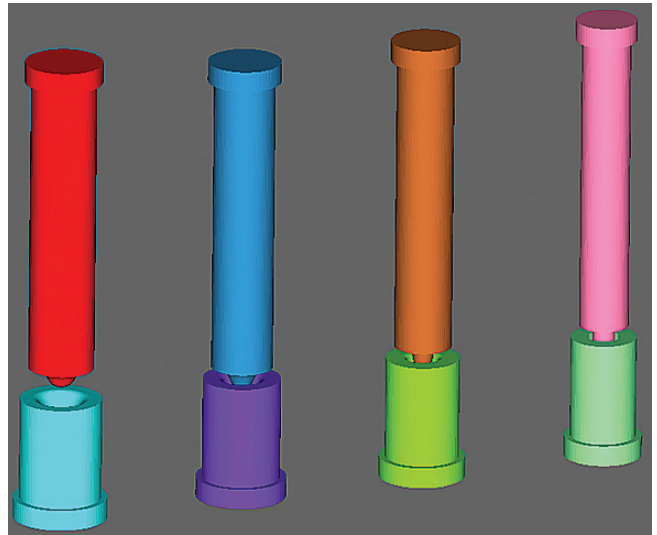
Na rys. 10 pokazano zestawienie stempli i matryc do czterech taktów gwarantujących uzyskiwanie założonego kształtu, a na rys. 11 znajduje się jeden z uzyskanych rozkładów naprężeń zastępczych w takcie pierwszym.

Wyniki analizy numerycznej wskazały na konieczność zastosowania do kształtowania przetłoczenia czterech kolejnych taktów. Rozwiązanie to umożliwiło uzyskanie wymaganych promieni na krawędziach wyrobu. Dodatkowo ograniczono ryzyko pęknięcia materiału oraz zredukowano wartości sił kształtujących, co podnosi prognozowaną trwałość narzędzi.

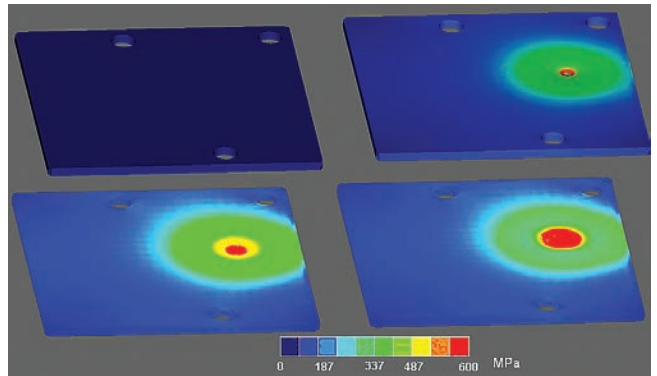
Wprowadzenie zaprojektowanego tłoczniaka w warunkach produkcji przemysłowej o charakterze wielkoseryjnym potwierdziło prawidłowy dobór liczby taktów oraz kształtów kolejnych narzędzi. Obliczenia numeryczne pozwoliły na oszacowanie wartości sił koniecznych do realizacji całego procesu z rozbiciem na poszczególne takty. Wyznaczenie parametrów siłowych umożliwiło ograniczenie nakładów energetycznych przekładających się na ekonomikę i konkurencyjność działalności produkcyjnej.



Rys. 9. Model tłoczniaka



Rys. 10. Zestawienie narzędzi do realizacji czterech pierwszych taktów



Rys. 11. Rozkłady naprężeń zastępczych w takcie pierwszym

Podsumowanie

Zastosowanie w projektowaniu złożonego tłoczniaka postępowego nowoczesnego narzędzia symulacyjnego MES umożliwia znaczne skrócenie tego etapu oraz pozwala na uniknięcie trudnych do przewidzenia błędów już na etapie przyjmowania założeń konstrukcyjnych. Ograniczenie czasu przygotowania oprzyrządowania oraz ciągle presja popytu znajdują odzwierciedlenie w coraz szerszym wykorzystywaniu obliczeń symulacyjnych MES w obróbce plastycznej. Przedstawiony przykład obliczeniowy potwierdza efektywność stosowania nowoczesnych narzędzi komputerowych CAX w projektowaniu procesów tłoczenia blach.

LITERATURA

1. Marciniak Z. „Konstrukcja tłoczników”. Warszawa: Ośrodek Techniczny A. Marciniak Sp. z o.o., 2002.
2. Markiewicz E., Wajda F. „Album konstrukcji tłoczników”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1974.
3. Romanowski W.P. „Poradnik obróbki plastycznej na zimno”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1976.
4. Romanowski W.P. „Tłoczenie na zimno”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1974.
5. „Konstrukcja tłoczników”. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Techniczne, 1960.
6. Pater Z., Samołyk G. „Podstawy technologii obróbki plastycznej metalu”. Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2013.
7. Paquin J.R., Crowley R.E. „Die design fundamentals”. 2nd ed. New York: Industrial Press Inc., 1987.
8. Küttner R., Nekrassov G. „Development of an intelligent integrated environment for computer aided design of work holders”. *Proceedings NordDesign (2002)*. P. Boelskifte, J.B. Sigurjonsson ed. (14–16 sierpnia 2002) NTNU, Trondheim, Norway, s. 185–193.
9. Progressive Die Wizard Help, EDS 2003.