

Stages of designing and making a pressing tool for gutter corner halves with a complicated shape. The milling methods

Etapy projektowania i wykonania przyrządu tłoczącego do połówek narożnika rynnowego o skomplikowanym kształcie. Metody frezowania

SEBASTIAN SDZUJ
ŁUKASZ WINCHULA*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2019.10.83>

Design features were described, applied in order to adapt complicated parts of a pressing tool to the capabilities of a 3-axis vertical machining center. The design and selection of base surfaces making possible precise positioning in the milling machine and in the tool are discussed.

KEYWORDS: CAD design, CAM, CNC milling, positioning in milling machine, pressing tool, welding of sheet metal

Opisano zastosowane podczas realizacji projektu zabiegi konstrukcyjne mające na celu dostosowanie skomplikowanych elementów oprzyrządowania do możliwości trzyosiowego pionowego centrum obróbkowego. Wyjaśniono sposób projektowania i doboru powierzchni bazujących umożliwiających precyzyjne pozycjonowanie elementów w obrabiarence i przyrządzie. SŁOWA KLUCZOWE: projektowanie CAD, CAM, frezowanie CNC, pozycjonowanie w obrabiarence, tłocznik, spawanie blach

W ramach projektu pt.: „Prace B+R dotyczące opracowania nowej technologii spajania elementów systemów rynnowych o skomplikowanych kształtach z blach tytanowo-cynkowych z zastosowaniem procesu spawania” przygotowano proces łączenia dwóch połówek narożnika rynnowego techniką spawania. Najpierw zaprojektowano półki, tak aby na całej długości spoiny o kształcie odcinka elipsy (rys. 1) występowała przylegająca zakładka o szerokości 1,7 mm (rys. 2), z zachowaniem jednakowego wykroju z blachy o grubości 0,7 mm dla obu niejednakowych połówek. Wymiary o wartości ~4 mm określają granice strefy tłoczenia, poza którą narożnik zachowuje jednakowy przekrój.

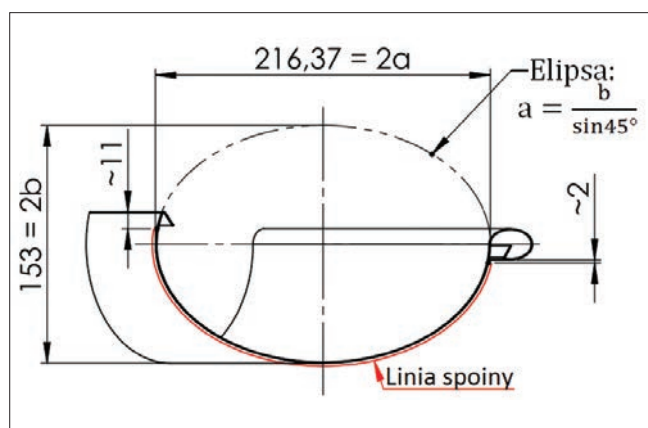


Fig. 1. The course of the weld bead against the background of the cross-section of the welded profile

Rys. 1. Przebieg ściegu spoiny na tle przekroju poprzecznego profilu spawanego

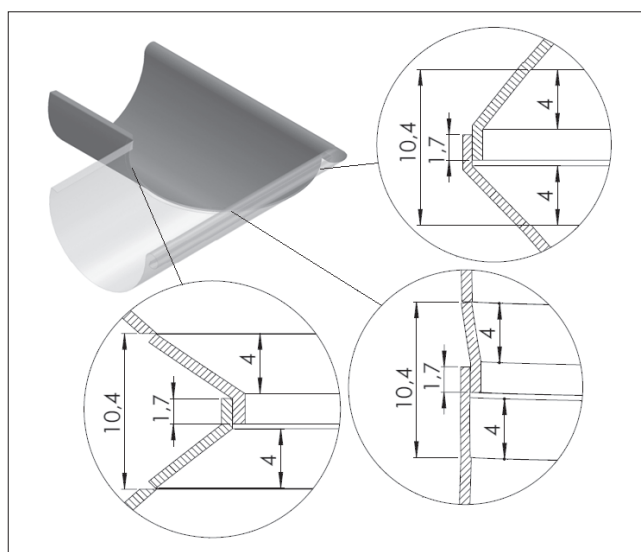


Fig. 2. Overlap and pressing area in the course of the weld
Rys. 2. Zakładka oraz obszar tłoczenia w przebiegu spoiny

W trakcie opracowywania procesu kształtowania połówek narożnika (rys. 2) postanowiono oprzeć wytwarzanie elementów oprzyrządowania na wewnątrzzakładowym parku maszynowym. Przyrządy zaprojektowano tak, aby możliwa była produkcja np. stempli i matryc bez użycia takich maszyn, jak pięcioosiowe centrum obróbkowe czy elektrodążarka drutowa.

Znaczenie wybranych sposobów frezowania w procesie wytworzenia przyrządu

Projektowanie oprzyrządowania do kształtowania blach jest uzależnione od możliwości kształtowania elementów, z których składa się przyrząd. Aby obniżyć koszty i ułatwić kontrolowanie procesu wytworzenia tłocznika, podjęto próbę ograniczenia obróbki do pionowego centrum trzyosiowego oraz maszyn pomocniczych do obróbki zgrubnej i szlifierki do płaszczyzn.

Trudność polegała na konieczności rozpatrzenia różnorodnych kryteriów, np.:

- obszar kształtowania połówek narożnika przekracza 180° wokół osi głównej rynny, dlatego nie jest możliwe kształtowanie z użyciem jednego stempla i jednej matrycy;
- elementy narożnika muszą być wykonane precyzyjnie, gdyż odchylenia od planowanego kształtu mogą uniemożliwić prawidłowe ułożenie połówek narożnika w mocowaniu urządzenia spawalniczego;

* Inż. Sebastian Sdzuj, sebastian.sdzuj@protec.pl – PROTEC, Chróścice, Polska
Inż. Łukasz Winchula, lukasz.winchula@protec.pl – PROTEC, Chróścice, Polska

- podczas spawania zakładki muszą całą powierzchnią przylegać do siebie na całej długości eliptycznej spoiny. Na podstawie wcześniej rozpoznanych technik spawania wywnioskowano, że utrata kontaktu pomiędzy połówkami uniemożliwia ich poprawne połączenie [1]. Dodatkowe warunki to:

- matryca musi być podzielona na co najmniej dwie części o niezależnym torze ruchu, gdyż w innym przypadku nie ma możliwości wprowadzenia do niej stempla,
- stempel należy tak podzielić, aby modyfikacja kształtu po kolejnych próbach nie niosła za sobą konieczności wykonania obróbki wykończeniowej na dużym obszarze.

Narzędzia do projektowania i frezowania

Wszystkie bryły zostały zaprojektowane w programie SOLIDWORKS. Programy do obróbki trójwymiarowych kształtów utworzono w programie SOLIDCAM.

Najpierw na podstawie rysunków wytworzono przygotówki. Następnie z pomocą plików typu G code oraz rysunków wykonano dalsze etapy obróbki.

Frezowanie zgrubne przeprowadzono standardowymi głowicami oraz frezami walcowymi do obróbki zgrubnej. Podczas frezowania wykończeniowego powierzchni trójwymiarowych użyto frezów kulistych walcowych z promieniem na narożu.

Wszystkie zabiegi wykończeniowe wykonano przez wierszowanie lub obróbkę liniową, w której frez wykonuje kolejne linie równoległe z zadaniem skokiem.

Optymalizacja konstrukcji

Proces frezowania matrycy (rys. 3) nie charakteryzuje się niczym szczególnym, gdyż całe frezowanie precyzyjne wykonano w jednym zamocowaniu.

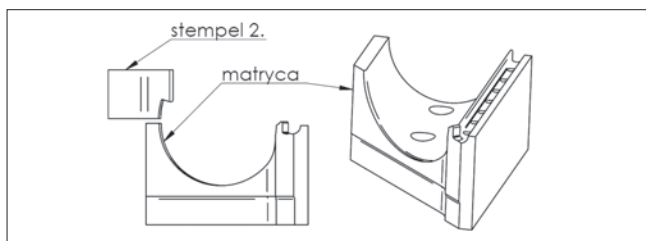


Fig. 3. Elements of the device shaping the overlap from the outside
Rys. 3. Elementy przyrządu kształtujące zakładkę od zewnątrz

W przypadku stempli (rys. 4) konieczne okazało się nadanie im cech konstrukcyjnych umożliwiających frezowanie w dwóch zamocowaniach oraz pod wybranym kątem. Istotą opracowania kształtów była minimalizacja liczby baz dla różnych zamocowań bez utraty możliwości precyzyjnego pozycjonowania na obrabiarce.

Stempel 1. kształtuje większą część zakładki od wewnętrznej strony. Składa się on z korpusu pozycjonującego profil rynny (rys. 5) oraz nakładki kształtującej (rys. 6).

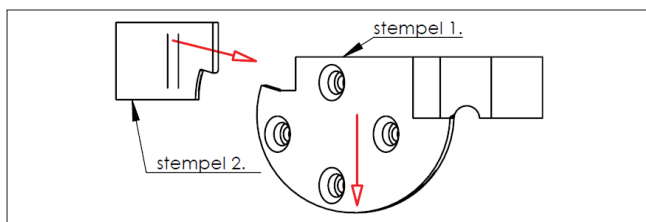


Fig. 4. Stamp 1 and stamp 2 with marked directions of work in the device
Rys. 4. Stempel 1. oraz stempel 2. z oznaczonymi kierunkami pracy w przyrządzie

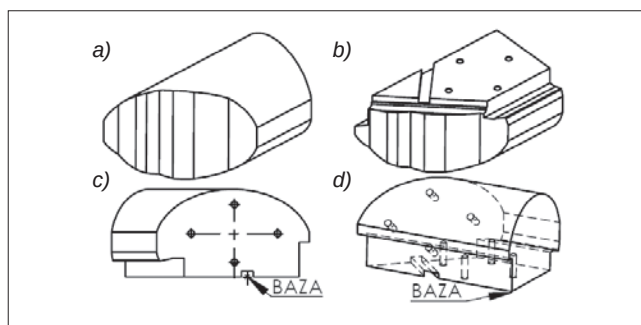


Fig. 5. Positioning body of the punch 1 at various stages of execution: a) preparation, b) after milling in the first mounting, c) after planing and drilling in the second mounting, d) after milling in the third mounting

Rys. 5. Korpus pozycjonujący stempla 1. na różnych etapach wykonania: a) przygotówka, b) po frezowaniu w 1. zamocowaniu, c) po planowaniu i otworowaniu w 2. zamocowaniu, d) po frezowaniu w 3. zamocowaniu

Przygotówkę (rys. 5a) wykonano z pręta przez toczenie na odpowiednią średnicę z pozostawieniem nadatku, splanowanie płaszczyzn pozwalających na zamocowanie bryły w imadle oraz przecięcie pod kątem 45° z uzyskaniem drugiej sztuki.

Podczas pierwszej obróbki (rys. 5b), przeprowadzonej z użyciem oprogramowania CAM, wykonano rowek bazujący (skośnie względem osi walca), płaszczyznę z otworami gwintowanymi, pionowe ściany wokół podstawy stempla oraz część powierzchni pozycjonujących. W kolejnym zamocowaniu (rys. 5c) splanowano płaszczyznę montażową nakładki oraz wykonano otwory gwintowane. Do bazowania służył wspomniany rowek z pionową ścianą. W ostatnim zamocowaniu (rys. 5d) wykonano obróbkę wykończeniową większej części powierzchni pozycjonującej.

Do kształtowania zakładki dla spoiny służy przykręcona do korpusu nakładka kształtująca stempla 1. (rys. 6). Półfabrykat (rys. 6a) wykonano z zachowaniem precyzyjnego położenia płaszczyzn oraz otworów względem bazy. Następnie w dwóch zamocowaniach wykonano obróbkę zgrubną oraz wykończeniową powierzchni kształtujących. Do pozycjonowania posłużyły cztery obustronnie fazonowane otwory, nałożone na precyzyjne tulejki.

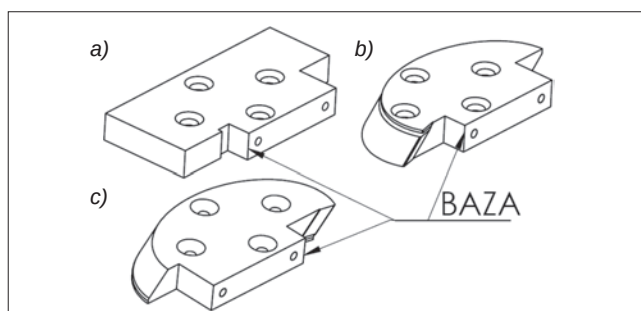


Fig. 6. Shaping insert of punch 1: a) preparation, b) and c) in subsequent positions during machining with the help of the CAM program
Rys. 6. Nakładka kształtująca stempla 1.: a) przygotówka, b) i c) w kolejnych pozycjach podczas obróbki za pomocą programu CAM

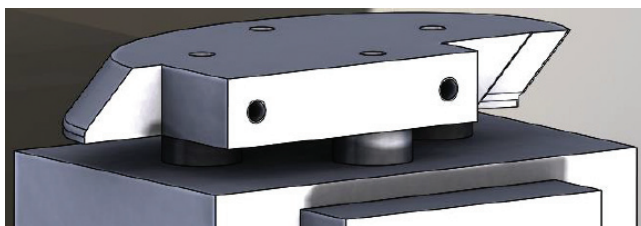


Fig. 7. Stamp 1 shaping insert based on bushes with chamfers, fixed with screws to the plate in a vice
Rys. 7. Nakładka kształtująca stempla 1. oparta na tulejkach z fazami, zamocowana za pomocą śrub do płyty w imadle

Stempel 2. Porusza się w przyrządzie pod kątem $13,9^\circ$ (rys. 4) i dopełnia rolę matrycy, która sama może pracować jedynie w obszarze 180° . Spoina na gotowym wyrobie przebiega również w miejscu kształtowanym na łączeniu matrycy oraz stempla 2. Gdyby w wyniku ich przyłożenia powstał uskok, a w konsekwencji zakładka by nie przylegała, mogłoby to spowodować niedostateczną jakość spoiny w tym miejscu. Wynika z tego potrzeba precyzyjnego wykonania stempla 2.

Kształt stempla 2. wymaga frezowania z półfabrykatu pozycjonowanego pod kątem 17° do płaszczyzny poziomej. Najpierw na prostopadłościenną przygotówce z precyzyjnie wyprowadzonymi kątami wyfrezowano występ do bazowania pod kątem oraz rowek (rys. 8a). Na występie są płaszczyzny do bazowania w trzech osiach, rowek zaś służy do sprawdzenia poziomu. Tak przygotowany półfabrykat może być precyzyjnie pozycjonowany w imadle obrabiarki pod kątem umożliwiającym dostęp frezu do obrabianych powierzchni.

Na rys. 8b oraz rys. 9 przedstawiono gotowy stempel 2. w pozycjach zastosowanych na pionowym centrum obróbkowym. Wytworzony w ten sposób stempel można nie tylko z wysoką dokładnością położenia umieścić w przyrządzie, lecz także ponownie obrabiać w razie potrzeby korekcji kształtu.

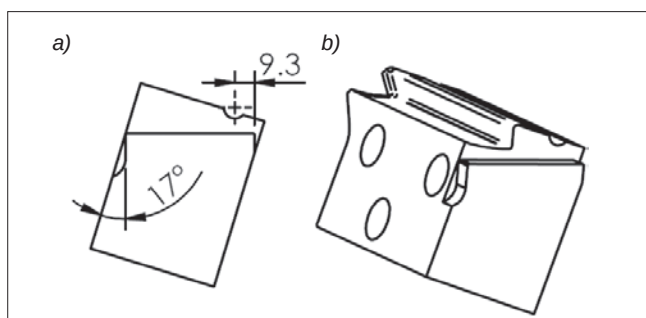


Fig. 8. Stamp 2 at various stages of manufacture: a) blank with base surfaces applied, b) final solid in the position used during the first machining
Rys. 8. Stempel 2. na różnych etapach wykonania: a) półfabrykat z naniesionymi powierzchniami bazowymi, b) bryła końcowa w pozycji zastosowanej podczas pierwszej obróbki

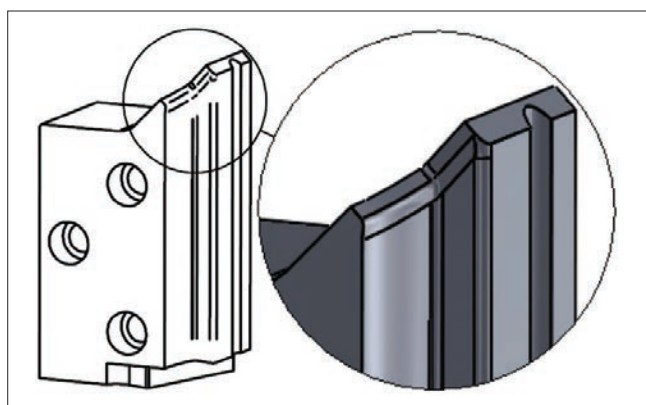


Fig. 9. Stamp 2 in the position used during the second machining
Rys. 9. Stempel 2. w pozycji zastosowanej podczas drugiej obróbki

Podsumowanie

Na rys. 10 znajduje się fotografia gotowego stempla 2. Od strony tłoczącej można go wielokrotnie modyfikować i regenerować przez kolejne zmiany lub powtarzanie obróbki wykończeniowej wykonanej w pozycji przedstawionej na rys. 9. Poprzez dystansowanie w przyrządzie przywraca się następnie pozycję części formującej. Na

potrzeby wykonania próbných połówek narożnika, które mają służyć do wypracowania prawidłowego wykroju z blachy oraz optymalnej zakładki na spawanie, sporządzono komponenty przyrządu jako prototypy. Wykonano je ze stali w gatunku 1.2379 w stanie wyżarzonym. Na podstawie wcześniejszych doświadczeń oceniono, że bez trudu wyniki prac frezarskich można przełożyć na obróbkę zahartowanych części, po uprzedniej obróbce zgrubnej przed hartowaniem. Wykonanie obróbki po hartowaniu jest konieczne ze względu na oczekiwaną wytrzymałość z zachowaniem dokładnego kształtu stempli i matryc podczas produkcji dużych serii.

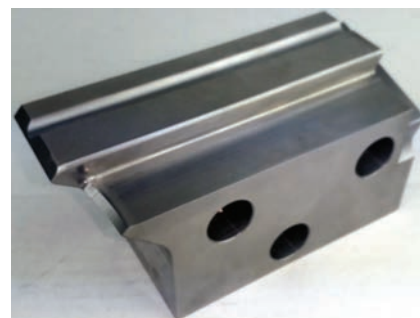


Fig. 10. Ready stamp 2
Rys. 10. Gotowy stempel 2.

Na rys. 11 znajduje się zdjęcie przykładowej spoiny. Na powiększeniu z lewej strony u dołu można dostrzec brak dostatecznego przetopu. Na środkowym powiększeniu widać prawidłowo wykonaną spoinę. Z prawej strony pokazano fragment ze zbyt dużym przetopem, który może powstać np. kiedy zakładka jest zbyt małej szerokości. Wady w tak wykonanej spoinie mają różne przyczyny, przy czym konieczność precyzyjnego przylegania zakładki dotyczy całej długości.

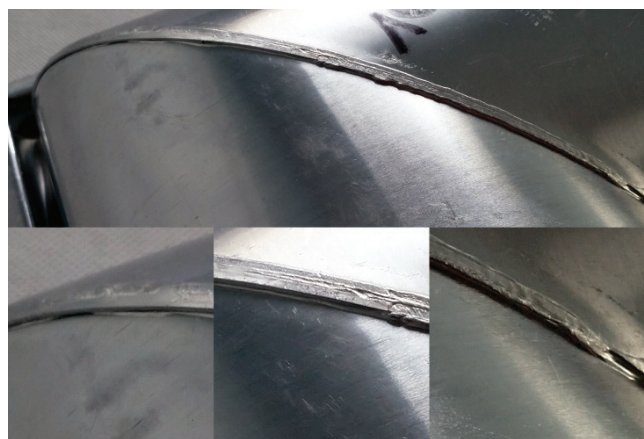


Fig. 11. Sample test weld with enlargement of selected areas
Rys. 11. Przykładowa spoina próbna z powiększeniem wybranych obszarów

W wyniku przedstawionych prac otrzymano bardzo dokładnie wykonane komponenty do przyrządu formującego zakładkę do spawania. Na obecnym etapie rozwoju tej technologii spawania nie widać przeciwwskazań do dalszego wykorzystywania omówionych technik. Dzięki dostosowaniu kształtów stempli do wewnątrzzakładkowych możliwości wytwórczych zmniejszono znacznie liczbę czynności organizacyjnych związanych z każdorazową zmianą kształtu lub naprawą.

LITERATURA

- [1] Broł. S. et al. „The effects of gutter welding using mechatronic device utilizing complex kinematics”. *Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów*. 2 (2019): 11–17.