

Optymalizacja procesu produkcyjnego przy wykorzystaniu specjalnych urządzeń spawalniczych

PAWEŁ LONKWIC, IRENEUSZ USYDUS *

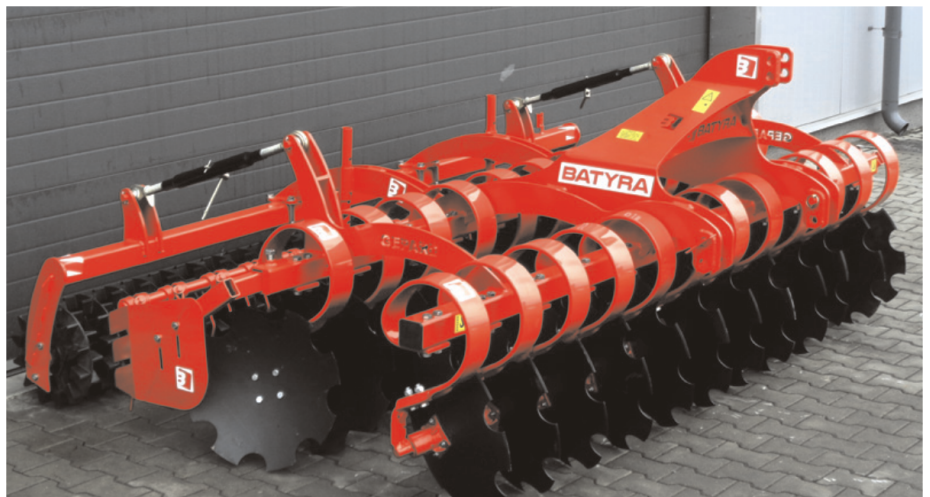
Optymalizowanie procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwach sprowadza się najczęściej do dwóch głównych zabiegów bezpośrednio wpływających na ich efektywność. Pierwszym zabiegiem jest redukcja czasów międzyoperacyjnych, a drugim jest wykorzystanie w jak największym stopniu użytych materiałów, m.in. w rezultacie zmniejszenia ilości odpadów poprodukcyjnych. Zabiegi te dotyczą praktycznie wszystkich branż bez względu na produkt finalny.

W niniejszym artykule opisano zastosowanie specjalnego urządzenia spawalniczego do spawania tulei, przeznaczonej do mocowania talerza w bronie talerzowej. W wyniku jego zastosowania uzyskano znaczącą redukcję czasu potrzebnego na wyprodukowanie jednej tulei, a tym samym zwiększono ich liczbę w jednostce czasu.

W ramach prac wdrożeniowych dokonano również zmian konstrukcyjnych tulei, które pozwoliły na zredukowanie odpadów poprodukcyjnych nienadających się do bieżącej produkcji, ale pozwalających na ich wykorzystanie do innych celów. Wyniki pracy zostały wdrożone w firmie produkującej maszyny rolnicze w Lublinie.

Wstęp

Brony talerzowe są maszynami, których zadaniem jest przygotowanie warunków do płytszej uprawy poźniwej w porównaniu do kultywatorów. Tym samym maszyny te wpływają lepiej na wymieszanie ścierniska z glebą, a dzięki możliwości rozcinania poźniwych resztek są mniej wrażliwe na uszkodzenia. Klasyczne bronie talerzowe, nazywane w branży rolniczej talerzówkami, posiadają sekcje talerzy ustawione skośnie do kierunku pracy, są zastępowane w miarę możliwości kompaktowymi broniami, których cechą charakterystyczną jest indywidualne mocowanie talerzy i ustawienie ich w dwóch równoległych rzędach [1]. Użycie brony po zasiewie umożliwia również przykrycie wysianych ziaren cienką warstwą gleby [2]. Przykład brony talerzowej pokazany został na rysunku 1.



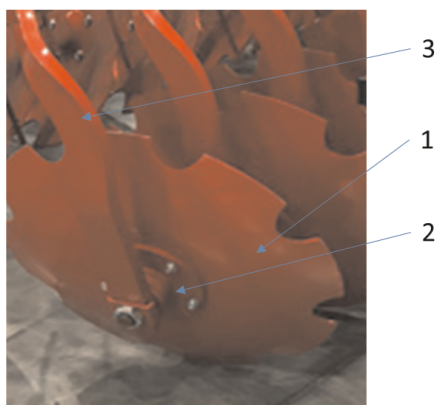
Rys. 1. Brona talerzowa firmy Henry Batyra [3]

W zależności od rodzaju gleby, bronie talerzowe są produkowane w odmianach do pracy w glebach ciężkich, za-

kamienionych, porośniętych poplonem lub lekkich [2].

Wraz z rozwojem branży rolniczej oraz zapotrzebowaniem na lekkie maszyny, producenci zaczęli poszukiwać tanich w produkcji rozwiązań. W związku z tym opracowanie zamienników istniejących

* Dr inż. P. Lonkwick, plonkwick@gmail.com, mgr inż. I. Usydus, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, ul. Pocztowa 54, 22-100 Chełm.



Rys. 2. Mocowania talerza w bronie: 1 – talerz, 2 – tuleja, 3 – konstrukcja nośna [3]

już gotowych rozwiązań pozwalających na oszczędności produkcyjne staje się wyzwaniem dla większości firm.

Jednym z elementów nadającym się do zamiany na bardziej ekonomiczny zamiennik jest tuleja talerza. Talerz brony jest elementem wykonawczym w procesie ornym. Ich liczba jest zależna od typu oraz konstrukcji brony. Pojedynczy talerz – rys. 2, mocowany jest do tulei za pomocą połączeń śrubowych, a tuleja następnie jest mocowana w konstrukcji nośnej brony.

Pokazany na rysunku 2 talerz w większości rozwiązań maszyn rolniczych połączony jest z konstrukcją nośną brony za pomocą piasty – rys. 3.

Przedstawiona piasta łożyskowa jest przeznaczona do dużych obciążeń i jest elementem handlowym. W bronach przeznaczonych do gleb niewymagających dużych obciążeń z dużym powodzeniem można natomiast wprowadzić tańszy zamiennik.

Optymalizacja piasty

Głównym założeniem wdrożenia własnego rozwiązania tulei było zastąpienie dostępnych elementów handlowych – rys. 3, poprzez wyprodukowanie piasty z materiałów ogólnie dostępnych. W procesie produkcyjnym rozwiązanie takie ma następujące pozytywne cechy:

- zmniejszenie ilości odpadów metalowych w postaci blachy, oddawanych do instytucji zajmujących się ich utylizacją,
- zwiększenie asortymentu produkcyjnego firmy,

– zwiększenie oferty maszyn oferowanych na rynku,

– zmniejszenie ceny jednostkowej wykonywanych detali w stosunku do ceny rynkowej.

W celu spełnienia w/w założeń, opracowano trójwymiarowy model piasty, będący połączeniem elementu w formie pokrywy oraz tulei łożyskowej – rys. 4.

Podczas analizy zużycia materiału w formie blachy o grubości 10 mm zauważono, że podczas procesu produkcyjnego innych wyrobów pozostają odpady, które zniekształcają stan magazynu. Głównym czynnikiem takiej sytuacji by-



Rys. 3. Piasta łożyskowa przeznaczona do branży rolniczej [4]

ło to, że pracownik odkładał odpad poprodukcyjny na miejsce składowania pełnowartościowej balchy, mimo że na składowane odpady blachy nie było zapotrzebowania w obecnym profilu produkcji. Tym samym ilość blachy w programie magazynowym wskazywała na zawyżony stan w stosunku do pełnowymiarowych arkuszy, co powodowało nieścisłości w stanach magazynowych.

Zarówno analiza kosztów wytwarzania całego profilu produkcyjnego bron oraz analiza zużycia materiałów wykazała, że możliwie jest wykorzystanie składowanych odpadów blachy do produkcji nowego elementu – tulei łożyskowej. Geometrię pokrywy zoptymalizowano pod kątem gabarytów w taki sposób, aby pojawiające się odpady blach z innych procesów produkcyjnych mogły być wykorzystane do maksimum.

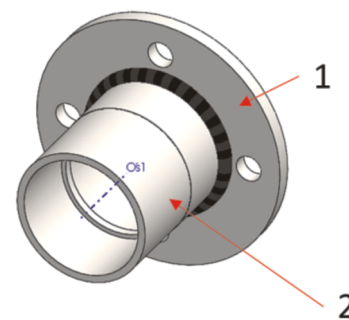
Podobne rozwiązanie zastosowano do analizy używanych profili w formie rur. W efekcie, analiza procesu produkcyjnego pod kątem zużycia rury stalowej oraz blachy pokazała, że z dużym powodzeniem można wdrożyć rozwiązanie pokazane na rysunku 4.

Czasy produkcyjne

Przygotowanie detali opracowanej tulei łożyskowej składało się z dwóch niezależnych procesów produkcyjnych. Pierwszy polegał na wycinaniu laserowym odpadów blachy o grubości 10 mm, drugi natomiast polegał na toczeniu części cylindrycznej tulei z odpadów z rury. W związku z tym czas przygotowania detali obejmował następujących czynności:

a) w przypadku pokrywy:

- ułożenia odpadów blachy na stole wycinarki laserowej w czasie 1,5 minuty (w tym czasie układano odpady o nieregularnych kształtach na stole o wymiarach 1500×3000 mm),
- wyznaczeniu średnio 12 punktów „zerowych” ułożonych odpadów na stole w czasie 2 minut (średnia liczba odpa-



Rys. 4. Model numeryczny tulei łożyskowej: 1 – pokrywa, 2 – tuleja łożyskowa

dów na stole zależała od ich wymiarów i zawierała się między 8 a 14 co wynikało z wycinania innych detali z blachy o grubości 10 mm),

- wycinaniu pokryw (około 40 sztuk) z blachy w uśrednionym czasie 80 minut,
- wyładowania stołu z wypalonymi detalami w czasie 4 minut;

b) w przypadku tulei:

– toczenie otworów pod łożyska oraz powierzchni zewnętrznych i cięcie w czasie 5 minut na jedną sztukę.

Tak przygotowane detale trafiały następnie na spawalnię, gdzie dokonywano w sposób ręczny ustawiania oraz spawania ich, uzyskując w ten sposób tuleję łożyskową – rys. 5.

Proces spawania polegał na umieszczeniu tuleji w pokrywie, następnie docisnięciu ręką tulei do stołu i wykonaniu

4 spoin szepnych co 90 stopni. W następnym kroku spawacz wykonywał metodą MIG połączenie pachwinowe. Całość operacji spawania w wykonaniu ręcznym trwała w warunkach warsztatowych około 4 minut. Na uwagę zasługuje jakość wykonania spoiny (rysunek 5), co w przypadku tej części jest istotne, ponieważ spoina przenosi obciążenia od pracującego talerza oraz jest to element widoczny.

W związku z powyższym, główną uwagę skupiono na poprawie procesu spawania części w taki sposób, aby spoina była w miarę możliwości równa na całym jej obwodzie oraz na maksymalnym skróceniu czasu spawania.

Modelowanie numeryczne, a proces produkcyjny

Opracowany model numeryczny tulei łożyskowej wykorzystany został przy opracowaniu założeń konstrukcyjnych specjalnego urządzenia spawalniczego do spawania metodą MIG. W założeniach uwzględniono następujące aspekty:

- maksymalnie krótki czas uzbrajania urządzenia w części,
- krótki czas mocowania części,
- maksymalnie krótki czas spawania,
- krótki czas demontażu,
- uniwersalność mocowania uchwytu spawalniczego,
- mała i zwarta budowa.

Głównymi elementami składowymi urządzenia były – rys. 6:

- zespół napędowy,
- regulowany układ mocowania uchwytu,
- zespół mocowania tulei,
- obudowa.

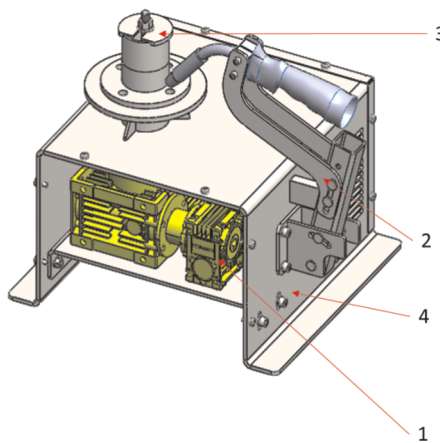
W celu spełnienia powyższych założeń, do szybkiego uzbrojenia urządzenia w detale przeznaczone do spawania zastosowano cylindryczną matrycę ustalającą tuleję względem pokrywy, zachowując ich wzajemną współosowość, a możliwie najszybszy sposób mocowania uzyskano poprzez zastosowanie rozciętej podkładki dociskowej – rys. 7. Zastosowanie podkładki w takiej formie dało operatorowi urządzenia możliwość szybkiego demontażu pospawanej tulei bez konieczności całkowitego odkręcania nakrętki.

Dzięki zastosowaniu uchylnego mocowania uchwytu spawalniczego, operator nie wpływał w żaden sposób na prędkość spawania, a tym samym na jakość wykonanej spoiny – rys. 8.

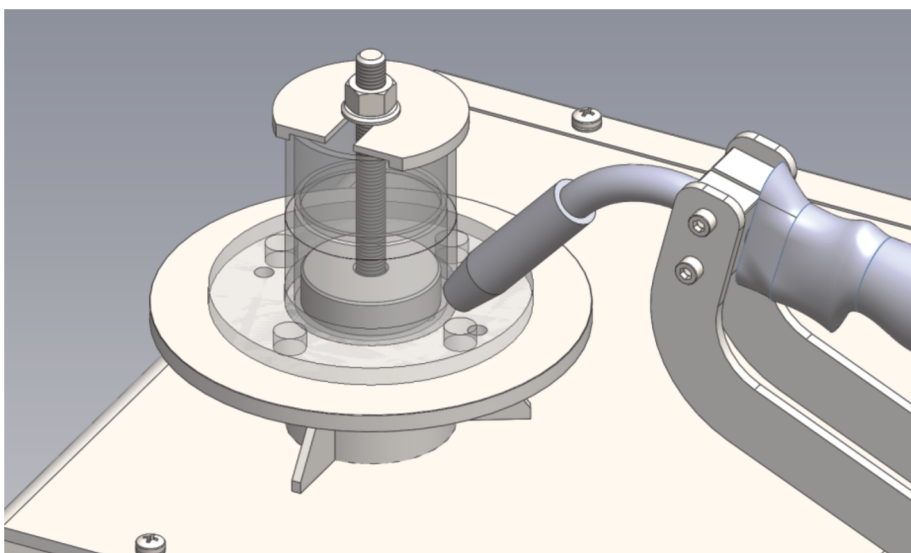
Skrócenie czasu operacji spawania zostało uzyskane dzięki zastosowaniu motoreduktora z silnikiem jednofazowym. Uruchamianie urządzenia (ruch obrotowy spawanych detali oraz zajarzenie łuku) odbywało się za pomocą uchylnego wspornika z zamocowaną rękojeścią uchwytu spawalniczego. Po zakończeniu procesu spawania, odchylenie



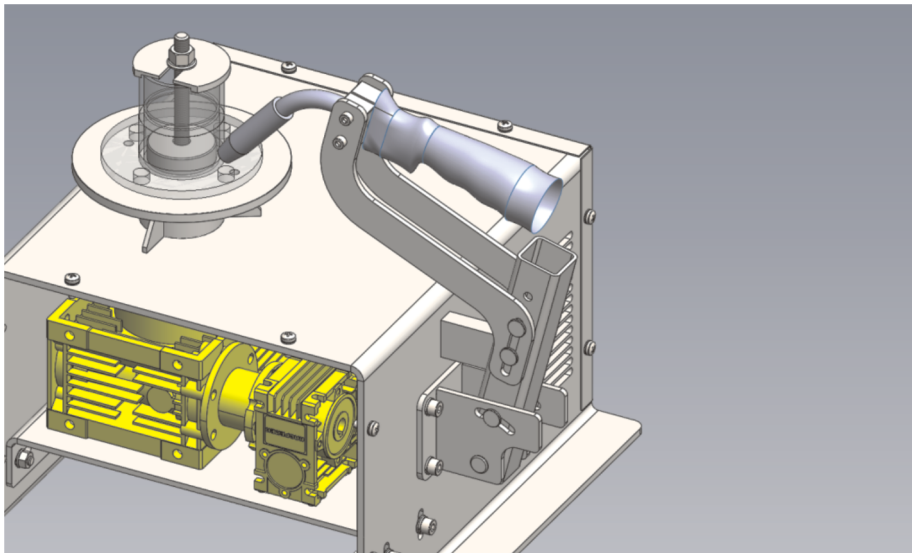
Rys. 5. Przykład spawanej tulei łożyskowej własnej produkcji



Rys. 6. Projekt półautomatu spawalniczego: 1 i 2 – mocowania uchwytu, 3 – mocowanie tulei, 4 – obudowa



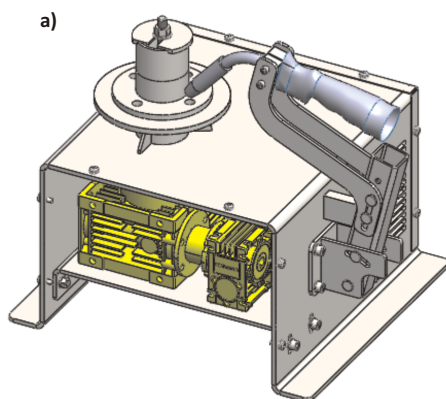
Rys. 7. Mocowanie detali tulei łożyskowej na opracowanym modelu urządzenia spawalniczego



Rys. 8. Mocowanie rękojeści uchwytu spawalniczego za pomocą uchylnego wspornika

pozwoiliło na skrócenie całkowitego czasu produkcji tulei do 1,5 minuty, co w przeliczeniu na godzinę wynosiło 40 sztuk. Uzyskano więc zwiększenie wydajności na poziomie 2,5 raza więcej w stosunku do ręcznego procesu produkcji. Uzyskanie wzrostu produkcji było możliwe dzięki skorelowaniu obrotów reduktora, natężenia prądu spawania oraz prędkości podawania drutu spawalniczego.

Dodatkowym atutem była również uzyskana jakość lica spoiny, która w obecnym kształcie jest równa na całym jej obwodzie, czego nie można było powiedzieć o spoinie w czasie spawania ręcznego – rysunki 5 i 10.



Rys. 9. Przyrząd spawalniczy: a) model numeryczny, b) model rzeczywisty



rękojeści uchwytu spawalniczego spowodowało zakończenie procesu spawania i zatrzymanie obracającej się tulei. Dzięki szczegółowemu modelowi numerycznemu urządzenia spawalniczego uzyskano urządzenie o małych gabarytach i zwartej budowie, a prace konstrukcyjne wykonano w oprogramowaniu SolidWORKS. Na rysunku 9a pokazany został model numeryczny urządzenia, natomiast na rysunku 9b wyprodukowany, rzeczywisty obiekt.

Na podstawie przygotowanego modelu numerycznego urządzenia opracowano dokumentację produkcyjną, uwzględ-

niającą możliwości wykonawcze firmy, w której wykonano i wdrożono opracowany przyrząd do procesu produkcyjnego.

Dyskusja otrzymanych rezultatów

Wdrożenie zaproponowanego rozwiązania pozwoliło na uzyskanie wymiernych korzyści w ilości produkowanych tulei w przeliczeniu na godzinę. Czas produkcji jednej tulei ręcznym sposobem wynosił w przybliżeniu 4 minuty, co w przeliczeniu na godzinę wynosiło 15 sztuk. Zastosowanie półautomatu

Dotychczasowy sposób spawania powodował losowe pęknięcie spoiny w wyniku obciążenia talerza. Pęknięcia stanowiły karb przyspieszający uszkodzenie elementu. Występowanie wspomnianych karbów jest efektem braku jednolitego przekroju spoiny na całym jej obwodzie, co jest widoczne na rysunku 10.

Wnioski

Przeprowadzona analiza oraz działania optymalizujące proces produkcyjny pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków końcowych:



Rys. 10. Przykład spawanej tulei łożyskowej własnej produkcji

- stosowanie specjalnych urządzeń nie tylko w procesie spawania, znacząco wpływa na polepszenie produkowanych detali. W przedstawionym przypadku zaproponowane urządzenie znacząco wpłynęło na ilość produkowanych detali;
- na podstawie analiz zużycia materiałów w przedsiębiorstwie stwierdzono, że nie w każdym przypadku wykorzystywanie odpadów poprodukcyjnych pozytywnie wpłynie na oszczędności związane czasem obróbki, dlatego też symulacja operacji wycinania laserowego z pełno wymiarowych arkuszy nie wykazała szczególnych oszczędności w czasie;
- w celu uniknięcia występowania nadmiernej ilości karbów technologicznych wynikających ze spawania detali należy optymalizować procesy produkcyjne pod kątem zastosowania specjalnych narzędzi spawalniczych;
- zastosowanie opisanego urządzenia do spawania tulei pozwoliło w warunkach rzeczywistych na zwiększenie 2,5-krotnie liczby produkowanych tulei;
- przedstawione rozwiązanie zostało przyjęte i wdrożone w firmie Henryk Batyra Maszyny Rolnicze w Lublinie.

Literatura

1. Talarczyk W.: Konstrukcja i działanie kompaktowej brony talerzowej. *Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna*, nr 2/2007, ss. 11-13.
2. <https://www.mascus.pl/rolnictwo/uzywane-brony-talerzowe>. Stan na dzień 14-11-2020
3. <http://henryk.com.pl>. Stan na dzień 14-11-2020
4. <http://ama-parts.pl/piasty-do-agregatow-uprawowych-57814-piasta-talerza-bezobslugowa-typ-skf-4-otworowa-bez-srub.html>. Stan na dzień 14-11-2020 ■