

**Projekt wstępny oprawki wielonarzędziowej dla tokarki HYUNDAI WIA
KIT 4500 w celu usprawnienia produkcji seryjnej**

Niniejsza praca inżynierska została poświęcona zagadnieniu opracowania projektu wstępnego i wdrożenia oprawki wielonarzędziowej przeznaczonej do tokarki sterowanej numerycznie HYUNDAI WIA KIT 4500. Głównym kierunkiem było zwiększenie możliwości technologicznych maszyny w warunkach produkcji seryjnej oraz skrócenie czasu przebrojenia, które w analizowanym procesie stanowiło kluczowe źródło strat czasowych. Tokarka, na której prowadzono obserwacje, jest nowoczesnym urządzeniem CNC charakteryzującym się wysoką sztywnością, precyzją pozycjonowania oraz szerokim zakresem prędkości i posuwów. Wyróżnia ją konstrukcja oparta na bloku narzędziowym typu gang tool zamiast klasycznej głowicy rewolwerowej, co znacząco wpływa na specyfikę pracy, w szczególności na czasochłonność czynności związanych z wymianą narzędzi. W kontekście produkcji wieloseryjnej, dla której tokarka ta została przewidziana, zagadnienie optymalizacji przebrojeń stało się istotnym punktem odniesienia dla całego projektu.

Celem pracy jest opracowanie projektu wstępnego innowacyjnej oprawki wielonarzędziowej oraz analiza wpływu wprowadzonych zmian na poprawę wydajności w procesie przebrojenia.

W analizowanym przypadku tokarka HYUNDAI WIA KIT 4500 wykorzystywana była do produkcji króćców stosowanych w instalacjach hydraulicznych. Detale te pełnią funkcję elementów złącznych i muszą spełniać wysokie wymagania jakościowe oraz wymiarowe, wynikające z konieczności zapewnienia szczelności i powtarzalności montażu w układach ciśnieniowych. Choć ich geometria zewnętrzna jest stosunkowo prosta, proces wytwarzania obejmuje szereg operacji skrawania, w tym toczenie zgrubne i wykańczające, wiercenie, rowkowanie oraz nacinanie gwintów. Złożoność procesu oraz wysoka liczba detali wytwarzanych w skali roku – sięgająca ponad 130 tysięcy sztuk – powodują, że każda nieefektywność w obszarze organizacji pracy maszyny przekłada się na wymierne straty. Szczególnie dotyczy to częstych przebrojeń, których konieczność wynika z ograniczonej liczby narzędzi możliwych do jednoczesnego zamocowania w bloku tokarki.

Przeprowadzona analiza wykazała, że przebrojenia maszyny w jej standardowej konfiguracji zajmowały średnio 145 minut, obejmując wymianę oprawek narzędziowych, ich bazowanie oraz wprowadzanie korekt offsetów. Proces ten wymagał od operatora dużej

precyzji i doświadczenia, a jednocześnie był podatny na błędy, które mogły skutkować powstawaniem braków jakościowych lub koniecznością dodatkowej regulacji programu. Sumarycznie czynności te prowadziły do powstania znaczących przestojów, których skala w ujęciu rocznym generowała poważne obciążenia organizacyjne i finansowe. Identyfikacja tego problemu stała się bezpośrednim impulsem do poszukiwania rozwiązania konstrukcyjnego, które pozwoliłoby zminimalizować czas i liczbę operacji manualnych związanych z przebrojeniem, a jednocześnie nie wymagało modernizacji sterowania obrabiarki ani zmian w jej budowie.

Kluczowym etapem całej pracy inżynierskiej było opracowanie projektu oprawki wielonarzędziowej, której zadaniem było wyeliminowanie problemów związanych z czasochłonnymi przebrojeniami maszyny. Proces projektowy rozpoczęto od zdefiniowania wymagań konstrukcyjnych i technologicznych, wynikających zarówno ze specyfiki obrabianych detali, jak i warunków pracy tokarki HYUNDAI WIA KIT 4500. Uwzględniono takie aspekty, jak liczba niezbędnych narzędzi do realizacji cyklu obróbczego, ich wzajemne pozycjonowanie, ergonomia mocowania oraz dostęp operatora do poszczególnych narzędzi. Ważnym kryterium była również sztywność konstrukcji, która w znacznym stopniu wpływa na jakość powierzchni obrabianych i trwałość samych narzędzi.

Projekt oprawki oparto na założeniu zwartej i symetrycznej bryły o wymiarach 125 mm × 115 mm × 250 mm, która miała stanowić nośnik dla kilku narzędzi jednocześnie. Przewidziano w niej trzy otwory przelotowe o średnicy Ø32 mm do mocowania oprawek narzędziowych, sześć otworów stopniowanych oraz dziewięć gwintowanych, które umożliwiają elastyczne i stabilne zamocowanie wyposażenia skrawającego. Od spodu konstrukcji zaprojektowano dwa kanały bazujące o szerokości 14 mm i pasowaniu H7, które gwarantują powtarzalność ustawienia oprawki na stole tokarki i eliminują konieczność każdorazowego pozycjonowania ręcznego. Tak zaprojektowana geometria pozwalała na pełną kompatybilność z istniejącym układem mocującym maszyny, co było jednym z kluczowych wymagań projektowych.

Dobór materiału konstrukcyjnego oprawki był ściśle powiązany z warunkami pracy i obliczonymi obciążeniami. Wybór padł na stal narzędziową 40HM, która charakteryzuje się wysoką wytrzymałością mechaniczną, dobrą odpornością na ścieranie oraz możliwością obróbki cieplnej w celu poprawy jej właściwości użytkowych. Zastosowanie tego materiału gwarantowało stabilność wymiarową oraz bezpieczeństwo eksploatacyjne przy długotrwałym użytkowaniu w warunkach przemysłowych. W dalszym etapie wykonano analizę numeryczną z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES), której celem było określenie

rozkładu naprężeń i odkształceń konstrukcji pod wpływem sił skrawania i momentów obrotowych. Symulacja pozwoliła na identyfikację potencjalnych stref koncentracji naprężeń oraz ocenę marginesów bezpieczeństwa przy założonych obciążeniach, co umożliwiło potwierdzenie poprawności przyjętych rozwiązań geometrycznych i materiałowych.

Równolegle z projektowaniem prowadzono prace nad dokumentacją technologiczną. Obejmowała ona pełny zestaw rysunków wykonawczych zgodnych z normami ISO 128 i ISO 2768, karty technologiczne procesu wytwarzania oprawki oraz zestawienia narzędzi i parametrów obróbki. W dokumentacji zwrócono szczególną uwagę na tolerancje wymiarowe, pasowania oraz chropowatości powierzchni, które miały kluczowe znaczenie dla późniejszej współpracy oprawki z tokarką. Ujęto również aspekty związane z ergonomią użytkowania – m.in. odpowiednie rozmieszczenie otworów i powierzchni bazujących w taki sposób, aby operator miał łatwy dostęp do narzędzi i mógł je sprawnie wymieniać. Dokumentacja ta stanowiła kompletną podstawę do wykonania prototypu w warunkach zakładu produkcyjnego.

Etap wdrożeniowy rozpoczął się od wykonania prototypu oprawki zgodnie z przygotowaną dokumentacją. Proces produkcji obejmował zarówno operacje frezowania, wiercenia, jak i obróbkę wykańczającą powierzchni bazujących. Montaż oprawki na stanowisku roboczym przebiegł sprawnie i nie wymagał jakichkolwiek modyfikacji w konstrukcji tokarki. Pozycjonowanie elementu na stole maszyny przeprowadzono przy użyciu standardowych punktów bazowych, a poprawność ustawienia potwierdzono pomiarami z użyciem czujnika zegarowego. Po zakończeniu montażu wykonano cykl próbny obróbki detali produkcyjnych, który jednoznacznie potwierdził skuteczność rozwiązania – pierwsze sztuki mieściły się w przewidzianych tolerancjach bez konieczności dodatkowych korekt programowych.

Analiza uzyskanych wyników wykazała znaczące skrócenie czasu przezbrojenia. Średni czas operacji został zredukowany z 145 minut do 70 minut, co oznacza poprawę o ponad 50%. W skali rocznej, przy 132 przezbrojeniach, daje to oszczędność 165 roboczogodzin, które mogą zostać wykorzystane do realizacji dodatkowej produkcji. W przeliczeniu na wartość ekonomiczną oszczędność ta odpowiada kwocie 19 800 zł rocznie. Uwzględniając koszt wytworzenia prototypu oprawki, wynoszący 1856,50 zł, rzeczywisty zysk przedsięwzięcia został oszacowany na 17 943,50 zł. Co więcej, dodatkowo zaoszczędzony czas pozwala na wyprodukowanie około 5500 detali więcej w skali roku, bez konieczności zatrudniania dodatkowego personelu czy inwestycji w kolejne maszyny.

Oprócz wymiernych korzyści czasowych i finansowych, wprowadzone rozwiązanie wpłynęło również na organizację pracy oraz jakość procesu. Eliminacja konieczności częstego

ustawiania narzędzi zmniejszyła ryzyko błędów ludzkich i odchyłek wymiarowych, co bezpośrednio przełożyło się na większą stabilność produkcji i redukcję liczby odrzutów. Standaryzacja ustawień zwiększyła powtarzalność procesu, a uproszczenie czynności operatora poprawiło ergonomię pracy. Tym samym wdrożenie oprawki wielonarzędziowej nie tylko zwiększyło efektywność wykorzystania maszyny, ale również przyczyniło się do wzrostu jakości i niezawodności całego procesu produkcyjnego.

Podsumowanie

Podsumowując, zaprojektowana i wdrożona oprawka wielonarzędziowa spełniła wszystkie założone wymagania techniczne, technologiczne i ekonomiczne. Udowodniono, że nawet stosunkowo prosta modernizacja procesu przebrojenia może przynieść istotne efekty w zakresie zwiększenia produktywności, oszczędności czasu i redukcji kosztów. Praca ta pokazuje, jak poprzez zastosowanie metod inżynierii konstrukcyjnej i analizę praktycznych warunków eksploatacyjnych można opracować rozwiązanie o realnej wartości przemysłowej. Opracowana oprawka może być traktowana jako uniwersalne narzędzie o potencjale wdrożeniowym w innych zakładach produkcyjnych, zwłaszcza tam, gdzie występuje duża liczba krótkich serii i częste przebrojenia. Rezultaty przeprowadzonych badań i analiz potwierdzają, że kompleksowe podejście – od identyfikacji problemu, poprzez projekt i dokumentację, aż po weryfikację praktyczną i analizę ekonomiczną – prowadzi do opracowania rozwiązań, które w znaczący sposób podnoszą konkurencyjność przedsiębiorstwa w realiach współczesnego przemysłu wytwórczego.