

# Wyzwania w produkcji prototypów – droga do doskonałości

Karolina Dąbrowska, Małgorzata Gołąbek<sup>1</sup>

## 1. Wstęp

Proces produkcji prototypów odgrywa kluczową rolę w rozwoju nowych produktów i technologii. Prototypy pozwalają instytucjom, firmom i inżynierom na testowanie koncepcji, identyfikację błędów oraz doskonalenie produktów przed wprowadzeniem ich na rynek. Jednak produkcja prototypów nie jest pozbawiona wyzwań, a osiągnięcie doskonałości w tym procesie wymaga uwagi w wielu aspektach. W niniejszym artykule omówimy niektóre z głównych problemów, z którymi można się spotkać w procesie produkcji prototypów oraz strategię ich rozwiązywania.

## 2. Zarządzanie kosztami

Jednym z głównych wyzwań w produkcji prototypów jest zarządzanie kosztami. Tworzenie prototypów często wiąże się z wysokimi kosztami materiałów, czasem pracy inżynierów i zasobami technicznymi. Aby ograniczyć te koszty, należy skupić się na efektywnym zarządzaniu, dostępie do materiałów i maszyn, zweryfikować istniejące przyrządy oraz dobrze zaplanować każdy etap produkcji. W niektórych przypadkach można również rozważyć współpracę z zewnętrznymi firmami. Już na etapie obliczeń elektrotechnicznych powinniśmy zacząć rozważanie nad materiałem – drutem użytym do produkcji silnika/generatora. Profil czy drut okrągły, średnica drutu, żłobek mocno wypełniony. Wszystkie te aspekty poza wpływem na parametry maszyny mają wpływ na obniżenie kosztów uzwojenia, a co za tym idzie urządzenia. Czas roboczogodziny pracownika to jedno z najbardziej wpływających na koszt wyróżników. Projektując silnik/generator powinniśmy oprócz walorów estetycznych, co bardzo wpływa na atrakcyjność wyrobu, także rozemnać materiały dostępne na rynku w rozsądnym budżecie. Dopasować podzespoły w odpowiedni sposób, by mieć łatwość wykorzystania w procesie produkcji, a zarazem nie uzależnić się od jednego dostawcy. Już przy tworzeniu dokumentacji konstruktor/technolog powinien zastanowić się nad analizą obróbki danego elementu i w miarę możliwości, wiedzy ograniczyć poziom skomplikowania do minimum. Weryfikacja na poziomie projektu znacznie wpływa na koszty i zmniejsza ryzyko problemów związanych z użytecznością i produkcją, zanim zostaną one wprowadzone do produkcji.

## 3. Dokładność i jakość

Prototypy muszą być dokładne i zgodne z projektowanymi specyfikacjami. Niemożność osiągnięcia odpowiedniej dokładności i jakości może prowadzić do błędnych wyników testów oraz opóźnień w projekcie. Rozwiązaniem tego problemu może być ciągłe monitorowanie procesu produkcyjnego, stosowanie zaawansowanych technologii, takich jak druk 3D o wysokiej rozdzielczości oraz przeszkolenie personelu w zakresie

**Streszczenie:** Prototyp jest materializacją abstrakcyjnej idei, czyli pomysłu na innowację. Z ogromnej liczby powstających prototypów tylko część wchodzi do masowej produkcji, a niekiedy osiągają sukces rynkowy. Warto wspomnieć, że niektóre prototypy mogą być jednocześnie wyrobami przeznaczonymi do sprzedaży, bez konieczności wprowadzenia zmian i ulepszeń. Problemy i wyzwania jakie przysparza produkcja prototypów można, a nawet trzeba minimalizować. Poprawne zarządzanie procesem projektowania i produkcji prototypów może znacznie wpłynąć na jakość końcowego produktu oraz oszczędność czasu i pieniędzy.

**Słowa kluczowe:** prototyp, zarządzanie, poprawa produktywności, obniżenie kosztów

## CHALLENGES IN PROTOTYPE MANUFACTURING – THE ROAD TO EXCELLENCE

**Abstract:** A prototype is the materialization of an abstract idea or innovation concept. Within the huge number of prototypes that are created, only some enter mass production, and few achieve market success. It is worth mentioning that some prototypes can simultaneously be marketable products, without any changes or improvements. The problems and challenges posed by the production of prototypes can and even should be minimized. Correct management of the design and production process of prototypes can significantly affect the quality of the final product and save time and money.

**Keywords:** prototype, management, productivity improvement, cost reduction

zachowania wysokich standardów jakości. Tradycyjnie pomiary były wykonywane wizualnie przy użyciu narzędzi ręcznych lub projektora analogowego. Narzędzia te wymagają jednak dużo czasu i odznaczają się ograniczoną dokładnością. Zaletą współrzędnościowej maszyny pomiarowej (CMM) Aberlink Horizon wykorzystywanej do pomiarów w Centrum Napędów i Maszyn Elektrycznych jest możliwość wysoce precyzyjnych pomiarów elementów trudnych do zmierzenia innymi maszynami pomiarowymi. Maszyna Aberlink Horizon to prawdziwy przełom w projektowaniu i produkcji współrzędnościowych maszyn pomiarowych. Kluczem do osiągnięcia niezwykle wysokiej dokładności oraz prędkości pomiaru jest zastosowanie liniowych napędów magnetycznych w miejsce standardowych silników elektrycznych. Dzięki kinematyce ich działania, niezależnego od struktury bramy maszyny możliwe jest całkowite wyeliminowanie drgań i luzów, będących głównym źródłem błędów rozwiązań klasycznych. Dla przykładu narzędziem ręcznym, jak suwmiarka lub mikrometr, trudno jest zmierzyć trójwymiarowe współrzędne danego punktu (otworu itp.) od



Zdjęcie 1. ABERLINK HORIZON, ACE 6-20

wirtualnego początku układu współrzędnych. Także pomiar przy użyciu punktów wirtualnych i linii wirtualnych oraz tolerancji geometrycznych jest trudny za pomocą innych narzędzi pomiarowych, ale wykonalny przy użyciu maszyny. Mniej dokładne, ale równie pomocne jest ramię pomiarowe ACE 6-20 służące do pomiarów elementów na maszynie obróbczej bez konieczności zdejmowania detalu, transportu do pomieszczenia kontroli jakości. Pozwala to na kontrolę międzyoperacyjną przy zminimalizowaniu potrzebnego do tego celu czasu. Urządzenie umożliwia szybką i dokładną kontrolę 3D części pomiarowej. Na powyższych zdjęciach przedstawiono urządzenia jakimi dysponuje Centrum Napędów i Maszyn Elektrycznych w celu zapewnienia jakości i powtarzalności produkowanych wyrobów.

#### 4. Dostępność materiałów i integracja komponentów

Wybór odpowiednich materiałów do produkcji prototypu może być trudnym zadaniem. Niektóre materiały mogą okazać się zbyt kosztowne lub trudno dostępne, co może ograniczać możliwości projektowe. Dużą rolę odgrywa również bieżąca sytuacja rynkowa i problemy jakie mają bezpośrednie przełożenie na ceny oraz dostępność materiałów. Jako działania

zapobiegawcze warto prowadzić badania nad alternatywnymi materiałami, które spełniają wymagania jakościowe oraz ekonomiczne. Połączenie Instytutu Maszyn Elektrycznych KOMEL, Instytutu Materiałów Żelaznych i Instytutu Spawalnictwa w nowy Górnośląski Instytut Technologiczny może przynieść wiele korzyści z synergii, ponieważ te trzy Instytuty mają różne dziedziny specjalizacji, które mogą uzupełniać się wzajemnie. Poszczególne centra mogą współpracować nad nowymi materiałami magnetycznymi i konstrukcjami maszyn, co pozwoli na tworzenie bardziej efektywnych i trwałych rozwiązań. Centrum Badań Materiałów i Centrum Technologii Metalurgicznych może dostarczyć wiedzy na temat zaawansowanych materiałów, które mogą być wykorzystane w konstrukcji maszyn elektrycznych. Może to poprawić trwałość i wydajność. Rozwój technologii spawalniczych dla elektrycznych urządzeń sprawia, że można prowadzić badania nad technologiami spawalniczymi stosowanymi w produkcji, a to prowadzi do zwiększenia jakości i wydajności procesów produkcyjnych. Jeśli projekt prototypu zakłada integrację wielu różnych komponentów, może to stanowić wyzwanie związane z kompatybilnością i spójnością. Nieprawidłowa integracja może prowadzić do awarii i błędów w działaniu prototypu. W takich przypadkach ważne jest dokładne planowanie procesu integracji, testowanie każdego komponentu osobno oraz wykonywanie testów interakcji między nimi.

#### 5. Lean management jako narzędzie służące do poprawy produktywności

Od kilku lat nasz kraj doświadcza procesu transformacji, który niesie ze sobą szereg zmian o charakterze gospodarczym, społecznym, politycznym, zawodowym i osobistym. Gwałtowne tempo przeobrażeń dokonujących się jednocześnie na wszystkich płaszczyznach naszego życia zmusza do podjęcia właściwych działań i przyjęcia konkretnych postaw wobec wymagań rzeczywistości. Żyjemy bowiem w świecie, w którym zmiany są warunkiem koniecznym do osiągnięcia sukcesu. Chcąc doskonalić wyniki i pomnażać zyski przedsiębiorstwa wdrażają nowoczesne metody zarządzania, a wszystko by zredukować koszty

operacyjne, znaleźć słabe ogniwa firmy i poprawić produktywność. Produktywność odzwierciedla nie tylko stopień wykorzystania, ale również skutki działania wielu różnorodnych czynników wpływających. Wyższa produktywność prowadzi do obniżki kosztów wytwarzania, zwiększa wyniki produkcyjne i zysk, co stwarza możliwość wzrostu wynagrodzeń pracowniczych, zwiększa zapotrzebowanie na pracę i poprawia satysfakcję z pracy [1]. Niska produktywność prowadzi może do wysokich cen oraz zwiększa zapotrzebowanie na energię czy materiały. Wyższa produktywność pozwala natomiast na obniżenie kosztów wytwarzania, zwiększa wyniki produkcyjne i zysk, co z kolei stwarza możliwość wzrostu indywidualnych wynagrodzeń, wywołuje większe zapotrzebowanie na pracę. Tak więc stwarzanie warunków do wzrostu produktywności jest podstawowym celem projektowania systemów produkcyjnych oraz organizacji produkcji i zarządzania w przemyśle [2]. W tym celu wykorzystywanych jest wiele metod i narzędzi: jak reorganizacja służb serwisowych, optymalizacja przebrojenia maszyn, system 5S i inne. Zasada 5s to inaczej metodologia tworzenia i utrzymywania dobrze zorganizowanego, czystego, wysoko wydajnego stanowiska pracy. Jest warunkiem wstępnym dla wdrożenia kontroli wizualnej. Zasada ta określa pięć poziomów organizacji stanowiska pracy:

- 1s = seiri. = sort = selekcja – eliminacja zbędnych materiałów.
- 2s = seiton. = storage = systematyka/organizacja – miejsce dla wszystkiego.
- 3s = seiso. = shine = czystość – sprzątanie, czyszczenie, usuwanie odpadków, brudu.
- 4s = seketsu. = standarize = standaryzacja – stałe miejsce dla rzeczy, stałe zasady organizacji przechowania i utrzymywania czystości.
- 5s = shitsuke. = sustain = samodyscyplina – automatyczna realizacja według zasad [3].

Warunkiem poprawnego funkcjonowania systemu 5S jest prawidłowe przeprowadzenie wszystkich kolejnych „kroków” poprzedzających wdrożenie. W ostatnich latach system 5S wkroczył do Górnośląskiego Instytutu Technologicznego – Centrum Napędów i Maszyn, Dział Prototypów i Urządzeń Specjalnych. Sukcesywnie z roku na rok zasięg wdrożenia jest powiększany i obejmuje dodatkowe hale produkcyjne.

### 6. Zarządzanie terminami

Ostatnim, ale nie mniej istotnym wyzwaniem jest zarządzanie terminami. Opóźnienia w produkcji prototypu mogą prowadzić do przesunięcia całego projektu oraz wyższych kosztów. Konieczne jest określenie realistycznych terminów i monitorowanie postępów w produkcji. W przypadku opóźnień należy szybko reagować i dostosować harmonogram, aby zminimalizować negatywne skutki.



Rys 1. 5S

### 7. Wnioski i podsumowanie

Produkcja prototypów to kluczowy etap w procesie rozwoju nowych produktów i technologii. Warto zdawać sobie sprawę z potencjalnych problemów i wyzwań, jakie mogą wystąpić podczas tego procesu oraz podejmować środki zaradcze, aby je rozwiązać. Dbałość o jakość, efektywność i koszty produkcji prototypów mogą znacząco wpłynąć na sukces projektu i przyczynić się do osiągnięcia doskonałości w dziedzinie innowacji. Proces produkcji prototypów ma także wpływ na proces komercjalizacyjny. Urządzenie ma być nie tylko „innowacyjne”, ale powinno uwzględniać strategiczny element konkurencyjności jakim jest koszt produkcji. Pisząc kolokwialnie maszyna musi być nowoczesna, użyteczna i sprzedawalna.

### Przypisy

- [1] Sieć Badawcza Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny, Gliwice, karolina.dabrowska@git.lukasiewicz.gov.pl, malgorzata.golabek@git.lukasiewicz.gov.pl

### Literatura

- [1] Pasternak K.: Zarys zarządzania produkcją, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2005
- [2] Durlik J.: Inżynieria zarządzania – Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych, Placet, Warszawa 1995
- [3] Kosieradzka A., Lis S.: Produktywność. Metody analizy oceny i tworzenia programów poprawy. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 199

mgr inż. Karolina Dąbrowska, mgr inż. Małgorzata Gołąbek