

POTENCJAŁ WYKORZYSTANIA NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH DO WYTWARZANIA ELEMENTÓW MASZYN MONTAŻOWYCH

Capabilities of modern composites technologies in industrial assembling equipment parts manufacturing

Wojciech ZAWIEJSKI

Streszczenie: Nowoczesne technologie kompozytowe pozwalają na coraz szersze wykorzystanie tego typu materiałów. Wykorzystanie kompozytów staje się coraz bardziej opłacalne. Decydujące są tu dwa aspekty. Po pierwsze właściwości wyrobów kompozytowych dają im przewagę pod wieloma względami w stosunku do elementów metalowych. Po drugie, rachunek ekonomiczny wygląda coraz lepiej, dzięki rozwojowi technologii oraz branży oferującej surowce do produkcji struktur kompozytowych. Wytwarzanie maszyn montażowych i automatyzujących produkcję przemysłową cechuje się jednostkową lub bardzo małoseryjną liczebnością. W takich przypadkach wykorzystanie materiałów kompozytowych może być szczególnie zasadne, gdyż dają one dużą swobodę kształtowania geometrii konstrukcji. Kluczowe jest dobranie odpowiedniej technologii i sprawne wykorzystanie możliwości oferowanych przez nowoczesne materiały. Zastąpienie elementów metalowych strukturami kompozytowymi może nieść między innymi takie korzyści jak: uzyskanie złożonych i nieregularnych kształtów w jednym procesie lub uniknięcie kosztownej obróbki skrawaniem wielkogabarytowych elementów. Zalety technologii kompozytowych sprawiają, że są one warte uwagi podczas projektowania maszyn montażowych.

W artykule dokonano krótkiej charakterystyki problemów konstrukcyjnych spotykanych przy opracowywaniu automatów montażowych. Uwaga została skupiona na aspektach technologicznych. Wykonano również przegląd technologii i materiałów wykorzystywanych w produkcji kompozytów, które mają potencjał zastosowania przy produkcji maszyn montażowych. Wypytowano kilka elementów z istniejących maszyn montażowych, które mogą zostać zastąpione kompozytami. Wykonano porównanie ekonomiczne wykonania jednego wybranego elementu w technologii metalowej oraz kompozytowej.

Słowa kluczowe: maszyny montażowe, automaty montażowe, zastosowania kompozytów, technologie kompozytowe, materiały kompozytowe

Abstract: Innovative composites technologies enable increasingly wider scope of applications of those materials. The utilisation of composites becomes more and more cost effective. Two aspects determine such situation. Firstly composites have a large number of advantages in comparison with metal elements. Secondly the economic account turns out better and better due to technologies development and growth of composites market, especially material suppliers. Manufacturing of industrial assembling equipment usually takes place in single piece or very small quantities. In such situation utilization of composite materials is especially justified, because they give wide possibilities of shaping construction elements geometry. The choice of appropriate technology seems to be essential and it is supported by the possibilities of innovative process materials. The substitution of metal elements with composite ones could benefit with: single process manufacturing of complex shapes or avoidance of expensive machining of large elements. The advantages of composite technologies make them worth attention during design process of industrial assembling equipment.

In the article a short characteristic of design and construction problems in assembling equipment has been performed. It has been focused on technological aspects. A short review of composites technologies and materials adequate for assembling equipment has been made. Few elements from existing machines which potentially can be made of composites have been selected. A comparison of metal and composite technology for a single element has been performed.

Key words: assembling equipment, assembling systems, assembling machines, composites applications, composites technologies, composites materials

Wprowadzenie

Dziedzina zajmująca się budową maszyn i urządzeń automatyzujących produkcję i montaż stanowi bardzo specyficzny obszar prac projektowo konstrukcyjnych oraz wykonawczych. Automaty montażowe są wykonywane najczęściej na specjalne zamówienie. Ich zadaniem jest spełnianie ściśle określonych wymogów produkcji w konkretnym zakładzie produkcyjnym. Dlatego też nawet pozornie zbliżone automaty, które przeznaczone są do wykonywania tych samych operacji, projektowane są dla konkretnego odbiorcy. Różnice i specyficzne rozwiązania mogą wynikać z wielu względów związanych z warunkami panującymi w docelowym zakładzie.

Wpływ na ostateczny kształt maszyny mają takie czynniki jak gabaryty miejsca użytkowania, przystosowanie do współpracy z innymi urządzeniami oraz warunki zasilania. Istnieją również ograniczenia i wymogi wynikające ze specyfiki półproduktów, które są przez maszynę obrabiane. Zdarza się, że niewielkie różnice wynikające np. z technologii wykonania półproduktów mają znaczący wpływ na automat realizujący procesy produkcyjne. Dlatego wymagane jest indywidualne podejście do każdego urządzenia automatyzującego procesy produkcyjne.

Automat produkcyjny powinien wykonywać szereg czynności w odpowiedniej sekwencji. Są to operacje takie jak: podawanie elementów, orientacja detali,

transport bliski, operacje montażu, łączenia lub operacje technologiczne, odbieranie przedmiotów po operacjach, przekazywanie przedmiotów do dalszych maszyn, przygotowanie do pakowania i pakowanie [2, 3]. Przebieg wymienionych procesów musi być nadzorowany. W tym celu na wielu etapach zautomatyzowanego procesu produkcyjnego rozmieszczone są czujniki i bramki przystosowane do rozpoznawania określonych cech przedmiotu. W ten sposób może być sprawdzana obecność danego detalu w przeznaczonym miejscu, poprawność złożenia określonych elementów, ale również możliwe jest rozpoznanie określonych cech. Segregacja według tych cech odbywa się przy pomocy specjalnie ukształtowanych bramek, zapadek, rowków. Za realizację ruchów roboczych odpowiadają siłowniki, silniki i różnego rodzaju manipulatory. Transport odbywa się przy pomocy taśm, przenośników, szyn, zjeżdżalni. Wszystkie te elementy składowe są połączone przewodowo lub bezprzewodowo w układzie sterowania.

Ważnym problemem konstrukcyjnym, z którym muszą się zmierzyć projektanci maszyn produkcyjnych jest rozmieszczenie przestrzenne wszystkich elementów składowych maszyny. Wymagane jest zachowanie odpowiedniej wysokości kąta nachylenia, pożądanych odległości. Należy uwzględnić dostęp do podzespołów maszyny, zarówno eksploatacyjny dla obsługi produkcji, jak i serwisowy. Dla każdego automatu konieczne jest zaprojektowanie odpowiedniej podstawy, ewentualnie stołu. Na niej należy rozmieścić komponenty, konstruując stosowne wysięgniki, rusztowania, wsporniki, ramy.

Szeroko wykorzystywanym rozwiązaniem są modułowe systemy konstrukcyjne, oparte na profilach aluminiowych. Mają one bardzo istotną zaletę, ponieważ eliminują procesy obróbki elementów konstrukcyjnych na potrzeby wykonania pojedynczego urządzenia. Konstrukcja jest składana z modułowych elementów wybieranych z katalogu i dostępnych natychmiastowo. Elementy składowe są uniwersalne, więc można je wykorzystać w kolejnych realizacjach. Niestety taki system pozwala osiągnąć tylko ograniczone kształty. Skomplikowane struktury wymagają stworzenia układu o wielu węzłach i dużej liczbie elementów składowych. Po pierwsze – ogranicza to swobodę projektowania, a po drugie – ilość elementów podwyższa koszty konstrukcji. Dlatego też nieuniknione jest projektowanie niektórych elementów automatów produkcyjnych do jednostkowego wykonania na zamówienie. Takie podzespoły wykonuje się najczęściej przy użyciu stali konstrukcyjnych lub stopów aluminium. Warto jest jednak rozważyć czy w niektórych przypadkach wykorzystanie innych materiałów konstrukcyjnych nie będzie bardziej opłacalne. Takimi materiałami są kompozyty.

Materiał kompozytowy na podstawie [1], można zdefiniować jako materiał składający się z co najmniej dwóch składników stanowiących odrębne fazy, które w wyniku połączenia pozwalają osiągnąć nowe dodatkowe cechy lub polepszone parametry niż wynika to z samych składników osobno. Kompozyt jest monolityczny, jednak jego fazy są wyraźnie rozgraniczone. W obszarze kompozytów

wykorzystywanych jako materiały konstrukcyjne określa się, że jedna z faz stanowi zbrojenie kompozytu, nadając mu właściwości wytrzymałościowe, natomiast druga faza jest zwana osnową, która spaja materiał zbrojący oraz stanowi jego osłonę od czynników zewnętrznych. Aby uzyskać kompozyt o dobrych właściwościach wytrzymałościowych najkorzystniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie włóknistych materiałów zbrojących, najlepiej o włóknach ciągłych. Jako osnowy wykorzystuje się materiały polimerowe, termoutwardzalne lub termoplastyczne. Kształtowanie właściwości mechanicznych kompozytu odbywa się przez dobór materiału zbrojącego i zestawienie go z odpowiednią osnową. Przede wszystkim jednak dzięki odpowiedniemu ukierunkowaniu włókien zbrojących i wybraniu właściwej ilości i sekwencji warstw zbrojenia.

Projektowanie wyrobów kompozytowych cechuje się dużą ilością zmiennych, które należy brać pod uwagę i dobierać w celu osiągnięcia zamierzonych właściwości. Taka sytuacja sprawia, że proces projektowania jest trudny, ale daje dużą swobodę kształtowania. Bardzo istotnym procesem technologicznym dla kompozytów polimerowych, a więc tych, które zdominowały struktury nośne, jest formowanie i utwardzanie. W wyniku tych operacji z niespójnych składników otrzymuje się spójny, sztywny i ukształtowany element, który może ewentualnie podlegać niewielkim operacjom obróbki skrawaniem. Mają one na celu głównie wyrównanie krawędzi lub nawiercenie niewielkich otworów montażowych. Etap utwardzania jest wspólny dla różnorodnych procesów technologicznych kompozytów warstwowych i to właśnie on daje istotną przewagę tych materiałów nad różnego rodzaju stopami metalicznymi. Produkt wykonany z kompozytu może dzięki temu uzyskiwać bardzo złożone i nieregularne kształty, które mogą ułatwić budowę i późniejszą pracę maszyn montażowych oraz realizujących procesy produkcyjne. Otrzymanie takich specyficznych elementów, specjalnie dopasowanych do danej maszyny może znacząco ułatwić jej konstrukcję. Często jest to jedyny sposób na realizację pewnych ruchów roboczych lub właściwe rozmieszczenie pewnych elementów, tam gdzie możliwości systemów modułowych nie są wystarczające.

Obecne możliwości obróbki metalu sprawiają, że wiele nietypowych elementów jest możliwe do wykonania. Jednakże jednostkowe zapotrzebowanie na elementy maszyn automatyzujących produkcję ogranicza technologię wykonania elementów metalowych najczęściej do spawania i obróbki skrawaniem lub ich połączeń. Nawet, gdy wykonanie elementów poprzez obszerną obróbkę skrawaniem będzie możliwe, rachunek ekonomiczny może wskazać, że jest nieopłacalne i znacząco podniesie ostateczną cenę całej maszyny. Technologie kompozytowe mogą stanowić rozwiązanie dla nietypowych konstrukcji, wykonywanych na specjalne potrzeby danej maszyny.

Rynek materiałów kompozytowych odnotowuje duży postęp w dziedzinie efektywnych metod wytwarzania pod

względem kosztów. Coraz łatwiej dostępne są technologie typu RTM, polegające na przesycaaniu mat zbrojących ciekłą żywicą w sposób maszynowy. Upowszechniają się również technologie wytwarzania z materiałów preimpregnowanych, które mogą być przetwarzane bez użycia autoklawu (tzw. technologie out of autoclave). Przyczyną rozwoju technologii kompozytowych jest głównie postęp w dziedzinie chemii, a konkretnie materiałów wykorzystywanych na osnowy.

Dzięki dostępności przystępnych cenowo technologii kompozytowych, wykonanie złożonego geometrycznie elementu automatu produkcyjnego warto rozpatrywać właśnie z użyciem materiałów kompozytowych bez konieczności stosowania wieloetapowych procesów obróbki skrawaniem lub złożonego spawania.

Warstwowy charakter kompozytu pozwala kształtować elementy o zmiennej grubości. W konsekwencji możliwe jest dopasowanie sztywności elementów kompozytowych. W konstrukcji pojazdów stosuje się elementy sprężyste wykonane z kompozytów. Możliwość kształtowania właściwości sprężystych jest cechą, która może znaleźć zastosowanie przy budowie elementów automatów montażowych.

Kompozyt polimerowy jest materiałem odpornym na korozję. Ta cecha również może stanowić o przewadze przy zastosowaniu w urządzeniach produkcyjnych, w których podzespoły będą wystawione na działanie środowiska powodującego korozję, jak np. praca w podwyższonej wilgotności lub w zanurzeniu, np. w solance, kwasach itp.

Dodatkowo materiały kompozytowe mają właściwości izolacyjne jeśli chodzi o prąd elektryczny, ale także o ciepło. Jedynym przewodnikiem w powszechnie spotykanych materiałach kompozytowych jest włókno węglowe. Szczególnie dobrym izolatorem będzie kompozyt bazujący na włóknach szklanych, jednak włókno węglowe połączone z osnową polimerową również nie będzie przewodnikiem, zwłaszcza jeśli rozpatrujemy napięcia spotykane w gniazdku sieciowym. Elementy kompozytowe mogą więc znaleźć zastosowanie w maszynach, w których konieczna jest izolacja elektryczna lub w takich, które pracują w warunkach gdzie nie może wystąpić iskrzenie. Z kolei jeśli maszyna będzie usytuowana w pobliżu silnego źródła ciepła, obudowy wykonane z kompozytów mogą stanowić rozwiązanie, które odseparuje np. sterowniki elektroniczne lub inne elementy wrażliwe na przegrzanie.

Podstawowym problemem technologicznym przy produkcji kompozytów jest stworzenie odpowiedniej formy. Do jej wykonania może być niezbędne zbudowanie modelu. Elementy maszyn produkcyjnych będą przeważająco wykonywane jako pojedyncza sztuka, a czasami może być konieczne wykonanie kilku sztuk. Aby zastosowanie kompozytu w takiej jednostkowej produkcji było opłacalne, koszty przygotowania modelu i formy muszą być niewielkie, a model musi być możliwy do wykonania prostymi środkami. Do wykonania profesjonalnych form do produkcji seryjnej stosuje się stopy żelaza i niklu, które są ciężkie w obróbce skrawaniem i szlifowaniu.

Wykonanie takiej formy dla pojedynczego elementu przerosłoby wartość nie tylko tego elementu, ale i być może całej maszyny, w której będzie on zastosowany. W celu umożliwienia produkcji o niskiej liczebności na rynku pojawiły się materiały formierskie, które pozwalają na wykonanie formy niskim nakładem kosztów i pracy.

Przy konstruowaniu maszyn produkcyjnych, najbardziej korzystnym sposobem przygotowania formy lub modelu będzie wykonanie jej poprzez obróbkę skrawaniem na maszynie CNC za pomocą specjalnych płyt formierskich. Spotykane są produkty poliuretanowe oraz epoksydowe. Najważniejszą cechą płyt formierskich jest duża podatność na obróbkę skrawaniem, również przy wysokich prędkościach skrawania. Płyty zapewniają długą żywotność narzędzia i szybkość obróbki, a więc w rezultacie niskie koszty obróbki. Druga bardzo istotna zaleta to możliwość szlifowania i polerowania, aż do uzyskania bardzo gładkich powierzchni. Dzięki temu uzyskuje się dobrą jakość powierzchni wyrobu i łatwość rozformowania. Tam gdzie potrzebne są formy o dużej powierzchni można zastosować materiał kompozytowy. Formy wykonane w ten sposób będą miały konstrukcję cienkościenną. Powierzchnię roboczą wykonuje się ze specjalnie dedykowanych żelkotów formierskich, które pozwalają na dokładne wyszlifowanie i polerowanie.

Inną metodą tworzenia form jest odlewanie z wykorzystaniem specjalnych silikonów formierskich. Ten materiał jest szczególnie przydatny do kopiowania istniejących elementów. Jego zastosowanie ogranicza się najczęściej do niewielkich detali, ale daje bardzo szybkie rezultaty.

Po rozwiązaniu problemów technicznych związanych z formowaniem pozostaje dobranie technologii i materiałów do wykonania samego wyrobu. Najbardziej powszechny sposób wytwarzania kompozytów opiera się na wykorzystaniu suchych materiałów zbrojących. Mogą one mieć postać mat jednokierunkowych, taśm rovingu lub tkanin o różnorodnych splotach i gramaturach. Wybór żywicy, którą będzie przesycał kompozyt jest zależny od czynników związanych zarówno z warunkami eksploatacji produktu, jak i z technologią przesycań i utwardzania. Najprostsza i zarazem najmniej doskonała oraz czasochłonna jest ręczna metoda przesycań, z wykorzystaniem pędzli i wałków. Grupą metod wytwarzania, wykorzystującą żywice w formie ciekłej i pozwalającą na układanie zbrojenia w postaci suchych materiałów, są technologie z grupy RTM (Resin Transfer Moulding). Dla potrzeb wykonania jednostkowych elementów automatów produkcyjnych adekwatnym procesem może być infuzja podciśnieniowa należąca do grupy RTM. Proces ten polega na przesycaaniu ciekłą żywicą, której przepływ jest powodowany działającym podciśnieniem. Metoda jest bardziej czasochłonna i daje gorsze efekty niż wysokociśnieniowe procesy RTM, jednakże jest ekonomicznie opłacalna. Tempo procesu i jakość produktu uzyskana przez infuzję jest wystarczająca do zastosowań w maszynach produkcyjnych, a przygotowanie oprzyrządowania technologicznego wiąże się z kosztami akceptowalnymi nawet przy jednostkowym użyciu. Podobnie

sytuacja wygląda w technologii z grupy bezautoklawowych (out of autoclave), która wykorzystuje materiały preimpregnowane (tzw. pre-pregi). Koszty przygotowania oprzyrządowania technologicznego są niskie. Problemem mogą być koszty samych prepregów, ich trwałość oraz rygorystyczne wymogi ich przechowywania w warunkach chłodniczych. Zaletą prepregów jest szybkość i zachowujący czystość proces układania laminatu oraz bardzo dobre efekty jakościowe. Takie rozwiązanie wytwarzania kompozytów może się sprawdzić w zakładach, które realizują dużą produkcję.

Każdy z automatów produkcyjnych jest projektowany z uwzględnieniem specyficznych wymagań, które ma spełniać. Potrzeby wykonania elementów specjalnych do danej maszyny wynikają na etapie jej projektowania. Materiały kompozytowe dają zarówno możliwości technologiczne wykonania pewnych elementów trudnych do osiągnięcia przy pomocy stali czy też stopów lekkich.

Dzięki kompozytom można również osiągnąć pewne dodatkowe lub poprawione cechy funkcjonalne poszczególnych elementów. Ważne jest, aby konstruktor projektując maszynę był świadomy możliwości, które oferują technologie kompozytowe i był gotowy z nich skorzystać w sytuacjach, kiedy będą one stosowne. Na podstawie realizacji maszyn wykonanych w Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego można przedstawić przykłady elementów, wykonanych za pomocą materiałów kompozytowych.

W artykule [4] została przedstawiona konstrukcja maszyny służącej do montażu aplikatorów mocowanych na pojemnikach z masami klejącymi i uszczelniającymi. Automat ten składa się z dwóch podajników wibracyjnych i zespołu tarcz kojarzących ze sobą elementy aplikatury i nasadki. Wykonanie takich elementów, jak podstawy podzespołów, rynny podające detale, rynna zsykowa, a także same zasobniki podajników mogą zostać wykonane,



Rys. 1. Urządzenie do montażu aplikatorów. Na rysunku zaznaczono elementy, w których możliwe jest wykorzystanie materiałów kompozytowych: 1 – podstawy, 2 – rynny zsykowe podające, 3 – rynny zsykowe odprowadzające, 4 – zasobniki podajników, 5 – blat stołu maszyny, 6 – obudowa pulpitu sterowania

Fig. 1. Applicators assembling machine. Following parts can be manufactured using composites: 1 – supporting elements, 2 – supplying downspouts, 3 – outgoing downspouts, 4 – containers, 5 – countertop, 6 – steering caser

Tabela I. Przykładowy kosztorys wykonania stalowego zasobnika podajnika wibracyjnego
Table I. Manufacturing cost estimation of steel container for a vibratory feeder

Kosztorys wykonania stalowego zasobnika o średnicy ok. 70 cm.				
L.p.	Operacja	Robocizna	Koszty materiałowe	
1	Wycięcie blach laserem	900,00 zł	450,00 zł	
2	Doginanie i spawanie blach	3 800,00 zł		
3	Przygotowanie i montaż detali	450,00 zł	250,00 zł	
				RAZEM
	SUMA	5 150,00 zł	700,00 zł	5 850,00 zł

jako laminarna struktura kompozytowa. Ich formy przy nowej technologii wykonania mogą odbiegać od formy osiągniętej dla elementu metalowego. Korzyści wykonania takich elementów z kompozytu będą związane z ograniczeniem procesów obróbkowych. Zmniejszeniu ulegnie ostateczna masa stanowiska montażowego. Zagadnieniem, które jest warte zbadania jest wpływ zastosowania zasobników, podstaw i wsporników kompozytowych na hałas i drgania emitowane przez maszynę podczas pracy.

Zasobnik podajnika wibracyjnego jest naczyniem, którego wnętrze ukształtowane jest tak, aby detale znajdujące się wewnątrz przesuwaly się pod wpływem drgań po specjalnej ścieżce od dołu ku górze. Ścieżka ta ma kształt linii śrubowej. Dno podajnika jest wykonane w formie stożka ułatwiającego zsuwanie detali na zewnątrz, czyli w kierunku śrubowej ścieżki podawania. Na końcu tej ścieżki, na górze podajnika znajduje się oprzyrządowanie zapewniające właściwą orientację. Stalowe podajniki wibracyjne wykonywane są z blachy. Odpowiednie kształty ścieżek, ścianek pionowych, wzmocnień zewnętrznych oraz dna są wykrawane przy pomocy wycinarki laserowej. Następnie następuje czasochłonny proces doginania wykrojów i ich spawania. Wymaga to dużej precyzji spawacza oraz jest czasochłonne, ponieważ nie ma możliwości wykonania tych operacji w jednym kroku. Konieczne jest stopniowe łączenie kolejnych fragmentów.

Kosztorys wykonania stalowego zasobnika o średnicy ok. 70 cm przedstawiono w tab. I.

Rozważany zasobnik podajnika wibracyjnego może zostać wykonany przy użyciu materiałów kompozytowych. Naczynie tego typu może zostać wykonane w różnorodnych technologiach. Najprostszy, aczkolwiek czasochłonny sposób wykonania to technologia ręcznego sycenia. Usprawnieniem tego procesu może być wykorzystanie metod infuzyjnych do przesycania tkanin. Pozwolą one na redukcję czasu przesycania tkanin. Ręczne nasączenie tkanin zostaje zastąpione wymuszonym podciśnieniowo przepływem żywicy. Wykonanie jednostkowego elementu będzie tańsze, jednak technologia infuzyjna ma zastosowanie, jeśli produkcja elementów kompozytowych odbywa się w sposób ciągły, a przynajmniej częsty. Roboczym obszarem zasobnika jest jego powierzchnia wewnętrzna. Dlatego też wykonanie takiego elementu w technologii kompozytowej wymaga przygotowania formy. W tym przypadku wystarczająca jest forma otwarta, która będzie miała postać rdzenia odzwierciedlającego kształt wnętrza naczynia. Przygotowanie takiej formy jest istotnym kosztem w procesie produkcji elementu kompozytowego. W tab. II wykonano oszacowanie kosztów produkcji zasobnika kompozytowego z podziałem na kilka wariantów. Rozgraniczono koszty wykonania pierwszego egzemplarza, a więc uwzględniające przygotowanie formy oraz

Tabela II. Oszacowanie kosztów wykonania kompozytowego zasobnika podajnika wibracyjnego
Table II. Manufacturing cost estimation of composite container for a vibratory feeder

Kosztorys szacunkowy kompozytowej wersji zasobnika o średnicy około 70 cm.					
L.p.	Operacja	Robocizna	Koszty materiałowe		
1	Przygotowanie modelu CAD formy	800,00 zł			
2	Przygotowanie programu CNC	200,00 zł			
3	Frezowanie formy	1 600,00 zł	2 500,00 zł		
4	Polerowanie formy	300,00 zł	100,00 zł		
5	Układanie laminatu				
		szklany	400,00 zł	130,00 zł	
		węglowy	400,00 zł	690,00 zł	
6	Przesycanie			50,00 zł	
		szklany	400,00 zł	160,00 zł	
		węglowy	400,00 zł	110,00 zł	
7	Utwardzanie	200,00 zł		50,00 zł	
8	Rozformowanie	100,00 zł			
9	Obróbka wykańczająca	400,00 zł		20,00 zł	
10	Klejenie detali	400,00 zł		300,00 zł	
	SUMA dla pojedynczej sztuki			RAZEM	
		szklany	4 800,00 zł	3 260,00 zł	8 060,00 zł
		węglowy	4 800,00 zł	3 770,00 zł	8 570,00 zł
	SUMA dla kolejnej sztuki				
		szklany	1 900,00 zł	660,00 zł	2 560,00 zł
		węglowy	1 900,00 zł	1 170,00 zł	3 070,00 zł



Rys. 2. Urządzenie do napełniania zniczy. Wsporniki, blaty lub stół obrotowy maszyny są elementami o potencjale zastosowania kompozytów

Fig. 2. Candle filling machine. Supporting elements and countertops have the potential to be manufactured using composites

koszty wytworzenia kolejnych egzemplarzy. Ponadto ograniczono koszty wykonania wersji zbrojonej włóknami szklanymi oraz włóknami węglowymi. Powierzchnia rozkrojów zasobnika została określona na podstawie danych zasobnika stalowego i wynosi $0,88 \text{ m}^2$. Dla wykonania z włókien węglowych przewidziano 12 warstw, natomiast dla wersji z włókien szklanych 20 warstw zbrojenia.

Szacunkowy kosztorys wykonania zasobnika kompozytowego pokazuje, że koszty wykonania pierwszego egzemplarza wynoszą w granicach 8000–8500 zł, natomiast zasobnik stalowy kosztuje ok. 5850 zł. Tak więc wykonanie pojedynczego zasobnika kompozytowego nie jest opłacalne pod względem ekonomicznym. Natomiast wykonanie kolejnych egzemplarzy nie wymaga już wytwarzania modelu i w konsekwencji daje koszty na poziomie 2500–3000 zł/szt. Biorąc pod uwagę, że koszty każdego egzemplarza wykonanego ze stali są takie same, wykonywanie kilku sztuk w technologii kompozytowej może być ekonomicznie uzasadnione.

Poza kwestiami ekonomicznymi istotnym zagadnieniem jest zbadanie właściwości użytkowych kompozytowej wersji zasobnika. Można podejrzewać, że naczynie wykonane z takiego materiału będzie wykazywało dobre właściwości, jeśli chodzi o tłumienie drgań i związaną z tym redukcję hałasu pracy. Ponadto zmniejszenie masy wprawianej w wibracje może wiązać się ze zmniejszeniem energochłonności całej maszyny. Istotne dla eksploatacji takich elementów jest ich podatność na abrazyjną wynikającą z przesuwu detali po bieżniach. Wyjaśnienie tych kwestii powinno zostać wykonane poprzez przeprowadzenie

cyklu badań eksploatacyjnych demonstracyjnego egzemplarza zasobnika kompozytowego. Przeprowadzenie takiej pracy badawczej jest szczególnie uzasadnione ze względu na możliwość określenia pełnego bilansu zalet i wad zastosowania kompozytu, jako materiału konstrukcyjnego. Wyniki takich badań dadzą szerszy obraz niż tylko ekonomiczny i mogą uzasadnić poniesienie pewnych dodatkowych kosztów technologii kompozytowej.

Z kolei w publikacji [6] przedstawiona została obrabiarka do głębokiego wiercenia. Maszyna jest wyposażona w szereg osłon i elementów obudowy, które mogą zostać z powodzeniem wykonane z laminatów szklano-epoksydowych lub szklano-poliestrowych. Tu również istotny będzie aspekt wycieszenia pracy maszyny oraz odporności elementów na wodorozcieńczalne chłodziwa. Dodatkową korzyścią może być łatwość utrzymania czystości kompozytowej obudowy i osłon. Przy zachowaniu należytej dbałości o jakość powierzchni oraz zastosowaniu warstwy żelkotu odpornego na czynniki chemiczne, powierzchnie kompozytowe będą łatwiejsze do utrzymania w czystości niż blaszane elementy lakierowane proszkowo.

Maszyną o rozległej konstrukcji jest opisany w artykule [5] automat do napełniania i zamykania wkładów do zniczy. Połączenie kilku operacji spowodowało konieczność przestrzennego zestawienia zespołów: napełniania, podawania pokrywek, nakładania pokrywek oraz odprowadzania gotowych produktów. Rozmieszczenie wszystkich elementów tych zespołów wymaga wielu wsporników, podpór i ramion podtrzymujących, które



Rys. 3. Urządzenie do montażu pojemników „dozowników medycznych kroplówek” w przyrządach do infuzji. Błaty, ściany grodziwe, kolumnę lub ramie podające ciecze można wykonać wykorzystując kompozyty

Fig. 3. Medical dozers for drip infusion assembling machine. Countertops, side wall, column or fluid supplying arm are the parts which can be manufactured using composites

są wykonane specjalnie na potrzeby urządzenia. Tego typu struktury nośne można wykonać jako odpowiednio ukształtowane elementy wykonane z kompozytu. Również duży stół obrotowy maszyny oraz zasobnik na lekkie nakrywki zniczy mogą zostać wykonane jako elementy kompozytowe.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można wnioskować, że materiały kompozytowe mogą znaleźć zastosowanie w maszynach pracujących w liniach produkcyjnych

i montażowych. Poszczególne cechy kompozytów, takie jak odporność korozyjna, izolacyjność elektryczna lub niska masa, w wybranych zastosowaniach mogą być istotnym atutem. Takie zalety mogą przesądzić nawet o poniesieniu pewnych dodatkowych kosztów związanych z technologią elementów kompozytowych, a zwłaszcza jej uruchomieniem. Dotychczas w branży zajmującej się automatyzacją produkcji nie widać załączków współpracy z firmami z branży kompozytowej. Te drugie funkcjonują w zupełnie innych sektorach gospodarki. Zainicjowanie prac badawczo-rozwojowych w obszarze wykorzystania kompozytów w wytwarzanych na zamówienie maszynach produkcyjnych i montażowych, może stanowić początek nowego obszaru wykorzystania tych innowacyjnych materiałów. Tego typu prace są dobrym wyzwaniem dla jednostek naukowo-badawczych.

LITERATURA

- [1] Boczowska A. i in. 2003. „Kompozyty”. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- [2] Łunarski J. 2012. „Projektowanie procesów technicznych, produkcyjnych i gospodarczych”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- [3] Łunarski J., W. Szabajkiewicz. 1993. „Automatyzacja procesów technologicznych montażu maszyn”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- [4] Kobiałka J., G. Oroń, Z. Urbaś. 2014. „Jakościowe i wydajnościowe doskonalenie zautomatyzowanego procesu montażu aplikatorów”. *Technologia i Automatyzacja Montażu* (2): 32–36.
- [5] Pergałowski S., J. Kobiałka, J. Łunarski. 2009. „Automatyczne urządzenie do wydajnego zamykania wkładów zniczy nagrobkowych”. *Technologia i Automatyzacja Montażu* (2): 24–27.
- [6] Rychlik K., M. Jastrzębski. 2012. „Jednowrzecionowa obrabiarka zadaniowa do głębokiego wiercenia otworów wiertłami lufowymi”. *Technologia i Automatyzacja Montażu* (3): 24–27.

mgr inż. Wojciech Zawiejski – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Zakład Mechanizacji Budownictwa, Automatyzacji i Technologii Montażu, ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa, e-mail: w.zawiejski@imbigs.pl