

MECHANIKA

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS
MECHANICS

WYDAWNICTWO
POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-M/2009
ZESZYT 3
ROK 106
ISSUE 3
YEAR 106

WOJCIECH BŁAŻEJEWSKI, MARCIN DOMAŃSKI,
RADOSŁAW RYBCZYŃSKI, PRZEMYSŁAW WIEWIÓRSKI*

POSZUKIWANIA OPTYMALNEJ STRUKTURY ZBIORNIKÓW KOMPOZYTOWYCH WYKONYWANYCH Z UŻYCIEM NAWIJARKI STEROWANEJ NUMERYCZNIE

RESEARCH OF OPTIMAL STRUCTURE OF THE COMPOSITE PRESSURE VESSELS MADE BY NUMERICALLY CONTROLLED WINDER

Streszczenie

Wykorzystując wieloletnie doświadczenie zespołu, zaprojektowano i wykonano nawijarką czteroosiową sterowaną numerycznie. Układ sterowania elektronicznego jest wyposażony w kartę APCI-8001 firmy ADDI-DATA. Algorytm oprogramowania wykorzystuje metodą tablicową [3] i pracuje w systemie operacyjnym Microsoft Windows 2000/XP. Na nawijarce wykonywane są rury i zbiorniki próbne o różnorodnych strukturach w grupie [3]. Takie struktury są trudne do wykonania na nawijarkach przemysłowych i komercyjnych, ponieważ pracują według innego algorytmu.

Słowa kluczowe: metoda nawijania, struktury nawijania, zbiorniki kompozytowe

Abstract

Using long term experiences of team the four axis and numerical filament winding machine was designed and made. The electronic control system is equipped with APCI-8001 card ADDI-DATA company. The algorithm of applied software uses matrix method [3] and works in Microsoft Windows 2000/XP operating system. Using the winding machine the pipes and the vessels specimens with different structures in group [3] are made. This type of structures are difficult to made with industrial winding machines. It arises from different algorithm of commercial machines.

Keywords: filament winding methods, winding structures, composite pressure vessels

* Dr inż. Wojciech Błażejowski, mgr inż. Marcin Domański, mgr inż. Radosław Rybczyński, mgr inż. Przemysław Wiewiórski, Instytut Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska.

1. Wprowadzenie

Kompozyty polimerowe charakteryzujące się najwyższą wytrzymałością właściwą noszą nazwę kompozytów długowłókniстых. Do wytwarzania elementów czy konstrukcji kompozytowych z długich włókien, tzn. w procesie technologicznym pobieranych z tzw. bobin rowingowych, wyróżnia się dwie techniki, przeciągania (pultruzji) i nawijania. Obie techniki mogą także występować łącznie tworząc przeciąganie z nawijaniem (pool-winding). W metodzie nawijania najważniejszym urządzeniem jest nawijarka, jednak w całym łańcuchu technologicznym wytwarzania zbiorników wynosi ona jedynie 30% kosztów. Przy wytwarzaniu przemysłowym elementów metodą nawijania wymagane są między innymi takie urządzenia jak: odwijaki bobin rowingowych z układami hamującymi, wanna nasycająca, suszarki zapewniające utwardzanie w ruchu obrotowym, itd.

Ze względu na znaczny koszt wymienionych urządzeń oraz inne wymagania, jak większa dokładność, możliwość wykonywania nawojów z grupy [1], autorzy pracy wykonali we własnym zakresie profesjonalną linię wytwarzania zbiorników kompozytowych metodą nawijania złożoną z wyżej wymienionych zespołów. Według wiedzy autorów pierwsze prototypowe urządzenia powstawały w końcu lat sześćdziesiątych w IEL o/Wrocław. Były to początkowo nawijarki śrubowe a następnie łańcuchowe z szerokimi możliwościami regulacji [1]. Na Politechnice Wrocławskiej współtworzono technologię wytwarzania typoszerokiego zbiorników kompozytowych, która została wdrożona w polskim przemyśle, a Instytut Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej został włączony do konsorcjum badawczego IP o akronimie StorHy i InGaz [2]. Ponadto posiada on unikatowe możliwości w skali europejskiej badań zbiorników wysokociśnieniowych.

2. Układy towarzyszące procesowi nawijania

Nawijanie walca pod dużymi kątami jest związane ze stałym zapotrzebowaniem na włókno, szpule rowingowe obracają się ze stałą prędkością. Jednak gdy nastąpi zatrzymanie awaryjne nawijarki, szpula musi zostać zatrzymana. Także przy nawijaniu z małymi kątami, oraz innych brył, jak np., zbiorniki walcowe z dennicami sferycznymi, zapotrzebowanie na włókno nie jest stałe i może być nawet bliskie zeru. Wtedy musi działać cyklicznie hamulec na szpuli rowingowej w celu wyhamowania jej ruchu obrotowego oraz powinien on zostać zwolniony po wykonaniu nawrotu i kontynuowaniu nawijania do następnego na-



Rys. 1. Dennice wykonanych zbiorników

Fig. 1. The domes of complete vessels

wrotu, itd.. Wykonano metodą wtrysku szpule na bobiny rowingowe z tuleją papierową. Szpule wykonano z tworzywa ABS z odsadzonym bębniem na hamulec taśmowy uruchamiany przez klasyczny wahacz rolkowy.

Wykonano bębnowy układ nasycający, najbardziej popularny, w których film żywiczny powstały w wyniku zanurzenia bębna w syciwie, musi zostać przeciśnięty od spodu przez wiązkę rowingową. W ten sposób następuje wypchnięcie powietrza przez żywicę. Ważnym urządzeniem pomocniczym jest też komora próżniowa w celu odgazowania przygotowanego syciwa przed waniem do wanny nasycającej. Wanna posiada płaszcz wodny połączony z łaźnią wodną w celu utrzymania stałej temperatury syciwa. Należy także unikać powrotu spienionego syciwa do wanny lub zlewania zebranego syciwa z pod oczek, czy rynny ochronnej pod zbiornikiem, chyba że syciwo zostanie odpowietrzone.

Najważniejszym parametrem nawijarki jest: liczba wrzecion, maksymalne gabaryty nawijane czy tzw. liczba osi, czyli liczba stopni swobody w czasie nawijania. Wykonana nawijarka posiada 4 stopnie swobody ze względu na użytą kartę sterującą firmy ADDI-DATA. Dwie następne osie to obrót głowicy w celu równoległego prowadzenia taśmy rowingowej, zwłaszcza pod małymi kątami nawijania oraz czwarta oś to dosuw głowicy do króćca zbiornika w celu dokładnego ułożenie wiązki na dennicach, rys. 1. Oś 3 i 4 stanowi dodatkowa przystawka montowana na suporcie, wyposażona w dwa niezależne silniki krokowe połączone z zasilaniem i oprogramowaniem nawijarki. Poprawne nawinięcie zbiornika obrazuje symetryczne rozłożenie wiązek włókna na dennicach – rys. 2. W czasie nawijania można wprowadzić 12 wiązek rowingowych z naciągami po około 3 kg.

W czasie nawijania używa się kompozycje żywiczne o małej lepkości i długim czasie życia, który musi być dłuższy od procesu nawijania elementu. Używano syciwa Epolam 5015+5012 firmy AXON. Po zakończeniu nawijania nawinięty zbiornik musi niezwłocznie trafić do komory grzewczej w której ma możliwość podtwardzania w ruchu obrotowym. Inaczej żywica może spłynąć pod działaniem sił grawitacji.

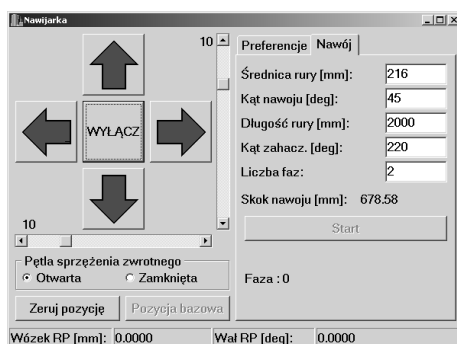
3. Sterowanie nawijarką

Sterowanie nawijarką odbywa się przy pomocy wykonanego oprogramowania komputerowego zapewniającego zarówno projektowanie jak i prowadzenie procesu nawijania. Algorytm programu wykorzystuje metodę tablicową [1, 3]. Podstawowym założeniem przy opracowywaniu oprogramowania była możliwość prowadzenia doświadczeń z różnymi nawojami w grupie [1]. Oznacza to, że program ma większe możliwości projektowe testowych struktur nawijanych niż programy komercyjne, oraz większe dokładności.

Program został wykonany w środowisku C++ Builder 5, pracuje w systemie operacyjnym Microsoft Windows 2000/XP. Ze względu na prosty algorytm metody tablicowej program jest łatwy w obsłudze przy pełnym wykorzystaniu możliwości jakie daje karta sterująca APCI-8001 oraz dostarczone przez firmę ADDI-DATA biblioteki programistyczne. Program może być użytkowany w trybie ręcznym i z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego. Na rys. 2 przedstawiono ekran w czasie pracy ręcznej. W tym trybie operator może sterować ruchami nawijarki przy pomocy tzw. joysticka lub wykorzystując myszkę, obracać rdzeniem lub przesuwając suport w dowolną stronę i z dowolną prędkością. W trybie z zamkniętą pętlą sygnały z enkoderów dostarczają informację o bieżącej pozycji suportu i wrzeciona oraz na podstawie regulatora PID karty APCI-8001 niwelowane są w czasie

rzeczywistym niedokładności między wartościami zadanymi i bieżącymi. Pozycja suportu wyrażona jest w [mm], wrzeczona w stopniach [deg]. Nawijanie odbywa się z dokładnością do czterech miejsc po przecinku. Prowadzono próby nawijania z dwoma miejscami po przecinku na nawijarce komercyjnej, niestety jest to zbyt mała dokładność do celów porównawczych kolejnych nawojów w grupie.

4. Podsumowanie



Rys. 2. Widok głównego okna programu w czasie sterowania ręcznego

Fig. 2. The view of main program window during manual control time

Wielu badaczy próbuje rozwiązać problem optymalnego nawoju w elementach kompozytowych wytwarzanych metodą nawijania. W literaturze udokumentowany jest niepoprawny charakter pracy struktur diamentowych [4], które są powszechne w wyrobach przemysłowych ponieważ są najłatwiejsze do wykonania. Inne struktury z grupy nawojów są trudne do wykonania na nawijarkach przemysłowych i komercyjnych. Przedstawiona nawijarka posiada oprogramowanie sterujące specjalnie przeznaczone do nawijania struktur różnych w grupie [1]. Planuje się wykonanie i zbadanie zbiorników próbnych oraz wytypowanie optymalnej struktury dla konstrukcji ciśnieniowych.

Praca finansowana z projektu badawczego nr N N508477534.

Literatura

- [1] Błażejowski W., *Metoda wyboru dowolnych struktur nawijania elementów kompozytowych przy użyciu nawijarek łańcuchowych*. Materiały Polimerowe, Pomerania – Plast, Szczecin – Międzyzdroje 6-8.04.2001.
- [2] <http://www.storhy.net/>, <http://www.ingas.net/>
- [3] Błażejowski W., *Wpływ struktury nawijania włókna na wytrzymałość elementów walcowych wykonanych z kompozytu ES*, praca doktorska PWr. 1999.
- [4] Błażejowski W., *Struktury nawijania zbiorników wysokociśnieniowych, ocena współpracy włókien w kompozycie*, XXIII Sympozjum Mechaniki Eksperymentalnej Ciała Stałego, Jachranka 2008.