

**Kompozycja rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej i nanonapełniaczy  
sposób jej wytwarzania oraz sposób impregnowania kompozycją siatek z włókna  
szklanego**

Przedmiotem wynalazku jest kompozycja żywicy fenolowo – formaldehydowej i nanonapełniaczy i sposób jej wytwarzania. Kompozycja znajduje zastosowanie zwłaszcza do nasycania siatek z włókna szklanego, które są przeznaczone do wytwarzania tarcz szlifierskich.

Żywice fenolowo formaldehydowe stosowane są między innymi w produkcji laminatów czy jako kleje lub środki wiążące. Duże zastosowanie tych żywic przyczyniło się do powstania kilku prac nad ich modyfikacją za pomocą nanonapełniaczy - glinokrzemianów warstwowych. Stosowane są różne metody otrzymywania nanokompozytów z dodatkiem glinokrzemianów na bazie żywic fenolowych zarówno nowolakowej jak i rezolowej, poprzez interkalacje w stopie, polimeryzację in situ i interkalacje prepolimeru. Jednak modyfikacja tych polimerów za pomocą glinokrzemianów warstwowych i uzyskanie struktury eksfoliowanej czy nawet interkalowanej jest trudne. Związane jest to ze sztywną, trójwymiarową konstrukcją cząsteczki żywicy fenolowej, a w szczególności rezoli. Stale rosnące zapotrzebowanie rynku na materiały polimerowe o podwyższonych parametrach mechanicznych wywołuje potrzebę opracowywania nowych kompozycji na osnowie żywicy fenolowo formaldehydowej o lepszych parametrach użytkowych w porównaniu do tradycyjnych niemodyfikowanych tych żywic.

W ostatnich latach pojawiły się prace A. Kaushika, P. Singha i G. Verma, "*Morphology, X-Ray Diffraction And Mechanical Properties Of Resol-Montmorillonite Clay Composites*" Journal Of Thermoplastic Composite Materials, 2010, 23, 79-97 oraz N.

Kizilcana i G. Ozkaramana, *"In Situ Preparation Of Resol/Clay Nanocomposites"* J. Appl. Polym. Sci. 2013, w których autorzy przedstawili sposób otrzymywania kompozytów na osnowie matrycy fenolowo formaldehydowej poprzez interkalację glinokrzemianów w stopie, a następnie zbadali wpływ zawartości glinki na właściwości mechaniczne kompozytów. Badania strukturalne SEM i XRD wykazały powstanie struktury interkalowanej nanokompozytów, co skutkowało poprawą naprężenia zrywającego i modułu Younga o odpowiednio 85 i 46% przy zawartości glinki od 0,5 – 1,0 % masowych.

G. Rivero, A. Vazquez i L. B. Manfredi, *"Resol/Montmorillonite Nanocomposites Obtained By In Situ Polymerization"*, Journal Of Applied Polymer Science, 2009, Vol. 114, 32–39 otrzymali nanokompozyty na osnowie żywicy rezolowej z dodatkiem Cloisite 30B (C30B) lub niemodyfikowanego Cloisite Na<sup>+</sup> (CNa) albo Cloisite 10A (C10A) metodą interkalacji w monomerze. Autorzy uzyskali zaskakujące wnioski, gdyż analizując wyniki badań XRD i TEM okazało się, że kompozyty z dodatkiem niemodyfikowanego bentonitu posiadały lepszą dyspersję w stosunku do kompozytów z modyfikowanymi bentonitami. Również naprężenie ścinające dla kompozytu rezol/CNa było największe i uległo poprawie z 2,08 na 2,79 MPa, podczas gdy dla kompozytów z C30B i C10A zmieniło się na 2,27 i 2,12 MPa. Ponadto zaobserwowano różnice w gęstości sieciowania kompozytów. Kompozyt zawierający CNa wykazał wyższy stopień usieciowania, podczas gdy kompozyty z C10A i C30B posiadały niższą gęstość usieciowania nawet w stosunku do nienapełnionej żywicy.

M. Lopez, M. Blanco, J. A. Ramos, A. Vazquez, N. Gabilondo, J. J. del Val, J. M. Echeverria i I. Mondragon, *"Synthesis And Characterization Of Resol-Layered Silicate Nanocomposites"*, Journal Of Applied Polymer Science, 2007, 106, 2800–2807 otrzymali nanokompozyty rezolowe z dodatkiem glinokrzemianów modyfikowanych fenyloaniliną (PheMMT) i komercyjnego Cloisite 30B. Kompozyty otrzymano poprzez wieloetapowy proces, w którym jeden polegał na interkalacji glinokrzemianu w monomerze - formaldehydzie. Kompozyty otrzymano metodą odlewania i utwardzono je w czterech etapach stosując stopniowy wzrost temperatury: 95, 115, 150 i 195 °C. Stwierdzono na podstawie badań WAXS i TEM, że kompozyty z dodatkiem 1 i 2% PheMMT posiadały strukturę interkalowaną. W przypadku odporności termicznej największą poprawę uzyskano dla kompozytów zawierających 1% PheMMT ponieważ degradacja termiczna w drugim etapie rozpoczyna się w wyższej temperaturze.

W pracy C. Kaynaka i C. C. Tasana, *“Effects Of Production Parameters On The Structure Of Resol Type Phenolic Resin/Layered Silicate Nanocomposites”*, European Polymer Journal, 2006, 42, 1908–1921 opisano otrzymywanie nanokompozytów fenolowo – formaldehydowych na podstawie dwóch różnych typów żywic fenolowych PF76 i PF76TD z dodatkiem niemodyfikowanego Cloisite Na<sup>+</sup> i modyfikowany solą alkilodimetylobenzyloamoniowa o nazwie handlowej Nanomer I.33M w zakresie stężeń nanonapełniaczy w kompozycji (0,5; 1%; 1,5%; 3%; 10%).

Kompozyty otrzymano poprzez mieszanie glinki z matrycą polimerową, stosując dwa sposoby utwardzania na gorąco i z zastosowaniem metylo-4-toluenosulfonianu jako utwardzacza. W pierwszym etapie żywicę fenolową wymieszano z określoną ilością glinki w temp. 55 °C przez 1h. szybkość mieszania początkowo utrzymywano na poziomie 50 rpm a następnie zwiększono do 100 rpm i 150 rpm. Po mieszanii mechanicznym zastosowano ultradźwięki o częstotliwości 35 Hz, w ciągu 30 minut w temperaturze 55 °C. tak otrzymane kompozycje odlano do form i utwardzano w zakresie temperatur 40 – 130 °C. Kompozyty z 1,5% dodatkiem Nanocore I.30E posiadały wyraźnie najlepsze właściwości mechaniczne (66% wzrost odporności na kruche pękanie i 6% wzrost wytrzymałości na zginanie) natomiast zastosowanie większej zawartości glinki w ilości 3 i 10 % prowadzi do utworzenia struktury pianki ze względu na liczne mikropory obecne w kruchym przelomie co związane jest z utrudnionym mieszaniami.

W pracach H. Wanga, T Zhao, Y. Yana i Y. Yu, *“Synthesis Of Novolac/Layered Silicate Nanocomposites By Reaction Exfoliation Using Acid-Modified Montmorillonite”*, Macromol. Rapid Commun., 2002, 23, 44-48 i *“Synthesis Of Resol-Layered Silicate Nanocomposites By Reaction Exfoliation With Acid-Modified Montmorillonite”*, Journal Of Applied Polymer Science, 2004, Vol. 92, 791–797 opisano sposób otrzymywania nanokompozytów na podstawie żywicy rezolowej z dodatkiem bentonitu modyfikowanego kwasem HMMT na drodze polimeryzacji in situ. Otrzymano kompozyty zawierające 3, 5 i 10% HMMT i 5% niemodyfikowanego bentonitu NaMMT. Na podstawie badań XRD i TEM stwierdzono że odległość pomiędzy płytkami modyfikowanego bentonitu uległa zwiększeniu a w przypadku kompozytów zawierających 3 i 5% HMMT uzyskano strukturę eksfoliowaną. Oznaczono również temperaturę zeszklenia i udarność wg Charpy’ego. Temperatura zeszklenia wzrosła z 255 °C dla nienapełnionej żywicy do 315 °C i 310 °C dla kompozytów zawierających

odpowiednio 5% i 10% HMMT. Największy przyrost udarności wg Charpy'ego wynoszący 53% uzyskano również dla kompozytu zawierającego 5% HMMT.

W patencie amerykańskim US.20080009579 opisano zastosowanie nanokompozytów na osnowie żywicy fenolowo-formaldehydowej z dodatkiem niemodyfikowanego bentonitu jako warstwy barierowej dla powietrza.

Z kolei w innym patencie US.20080107891 przedstawiono sposób otrzymywania warstwowego laminatu z wykorzystaniem kompozycji żywicy fenolowo-formaldehydowej z dodatkiem modyfikowanego bentonitu w takiej ilości aby otrzymać transparentny laminat wielowarstwowy.

Opis patentowy PL.178866 ujawnia kompozycję nienasyconej żywicy poliestrowej, której jednym ze składników jest produkt reakcji glinokrzemianów z IV- rzędownymi solami amoniowymi, przy czym jako IV rzędowe sole amoniowe wskazane zostały: chlorek benzylo-trietyloamoniowy, chlorek tetra-tert-butyloamoniowy i chlorek tetrametyloamoniowy. Takie same IV- rzędowe sole amoniowe zostały zastosowane do modyfikacji smektytów, które, po modyfikacji, stanowią składnik kompozycji nienasyconej żywicy poliestrowej znanej z opisu patentowego patentu PL.178900.

Celem wynalazku jest opracowanie składu i sposobu otrzymywania kompozycji rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej i nanonapełniaczy, która stosowana do wytwarzania tarcz szlifierskich, pozwoliłaby na uzyskanie znacząco lepszych własności wytrzymałościowych tych tarcz, w porównaniu do tradycyjnie używanej do tego celu niemodyfikowanej rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej.

Kompozycja rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej i nanonapełniaczy, według wynalazku, składa się z rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej i 1,0 – 3,0 % wag. bentonitu modyfikowanego chlorkiem didecylo-dimetylo amoniowym lub chlorkiem dodecylo-dimetylobenzylo amoniowym lub chlorkiem trimetylo-2-hydroksypropylo amoniowym lub dimetylo-dodecylo-2-hydroksypropylo amoniowym, o wielkości ziaren poniżej 0,06 mm.

Sposób otrzymywania kompozycji rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej i nanonapełniaczy, według wynalazku, polega na tym, że w I etapie do 8 – 10 % zawiesiny wodnej wzbogaconego bentonitu, w temperaturze nie przekraczającej 70 °C wkrapla się chlorek didecylo-dimetylo amoniowy lub chlorek

dodecyldimetylobenzylu amoniowy lub chlorek trimetylo-2-hydroksypropylo amoniowy lub chlorek dimetylodecylo-2-hydroksypropylo amoniowy w postaci minimum 30 % roztworu w alkoholu etylowym, w ilości: 35-45 g/100g bentonitu surowego, przy czym proces prowadzi się przy intensywnym mieszaniu przez co najmniej 3 godziny a następnie mieszaninę stopniowo schładza się do temperatury pokojowej przy intensywnym mieszaniu w czasie minimum 0,5 godziny, a następnie, otrzymany produkt w postaci osadu wydziela się przez odparowanie wody lub odsączając go pod próżnią, przemywa się kilkakrotnie wodą destylowaną, suszy w temperaturze 100-120 °C do osiągnięcia wilgotności 0,5 % masowych. Wysuszony osad modyfikowanego bentonitu miele się, a następnie przesiewa na sitach o średnicy oczka maksimum 0,06 mm. W II etapie modyfikowany bentonit wprowadza się w ilości 1,0 do 3,0% wagowych do ciekłej żywicy fenolowo formaldehydowej stosując znaną i opisaną, na przykład w opisach patentowych patentów PL395821 i PL397541, wielostopniową homogenizację polegającą na: wstępnym wymieszaniu za pomocą wolnoobrotowego mieszadła mechanicznego w temperaturze pokojowej, po czym, w temperaturze 40-55 °C, miesza za pomocą homogenizatora ultradźwiękowego, następnie zaś homogenizację prowadzi się w szybkoobrotowym mikserze z mieszadłem turbinowym w naczyniu, korzystnie pod zmniejszonym ciśnieniem, w temperaturze 40-55 °C, przy prędkości obrotowej mieszadła 4000 min<sup>-1</sup>, a końcową homogenizację prowadzi się w ucieraku typu cylinder-cylinder o niewielkiej szczelinie ~0,5-1,0 mm zapewniającej intensywne ścinanie dzięki dużej prędkości obrotowej ruchomego cylindra 3000-6000 min<sup>-1</sup>.

Sposób impregnowania kompozycją żywicy fenolowo formaldehydowej i nanonapełniaczy siatek z włókna szklanego, według wynalazku, polega na tym, że siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 – 454 g/m<sup>2</sup>, przepuszcza się pomiędzy wałkami umieszczonymi w dolnej części wanny napełnionej kompozycją żywicy w temperaturze 25 °C z prędkością 5-15 mm/min, przy czym stosuje się naprzemiennie wałki gładkie i ryflowane. Takie naprzemiennie ułożenie wałków ryflowanych i gładkich zapewnia odpowiednie naprężenia ścinające, które ułatwiają migrację otrzymanej kompozycji do włókna siatki. Po usunięciu nadmiaru kompozycji pomiędzy wałkami dociskowymi, przesyconą kompozycją siatkę przenosi się do pieca tunelowego, gdzie jest ona stopniowo ogrzewana w zakresie od 105 °C do 155 °C, Po

wyjsciu z pieca tunelowego siatki schładzane są do temperatury otoczenia na walcach stalowych obracających się z prędkością 5-15 mm/min.

Modyfikacja rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej wpływa zdecydowanie na poprawę jej właściwości mechanicznych i reologicznych w porównaniu do żywicy niemodyfikowanej, zaś zastosowanie kompozycji rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej do impregnacji siatek z włókna szklanego przynosi wyraźną poprawę wytrzymałości siatek w kierunku wątków i osnowy, w porównaniu do siatek na bazie niemodyfikowanej żywicy fenolowo formaldehydowej. Wzrost wytrzymałości w kierunku wątków wyniósł około 25-45%, zaś w kierunku osnowy - 20-40%.

Przedmiot wynalazku jest bliżej przedstawiony w przykładach wykonania.

**Przykład 1.** Modyfikację wzbogaconego bentonitu chlorkiem didecyłodimetylo amoniowym prowadzi się w 10% wodnej zawieszynie podgrzanej do temperatury maksimum 70°C. Wkrapla się chlorek didecyłodimetylo amoniowy w postaci 30% roztworu w alkoholu etylowym w ilości: 35g/100g bentonitu surowego. Proces modyfikacji prowadzi się przy intensywnym mieszaniu przez 3 godziny a następnie mieszanie stopniowo schładza się do temperatury pokojowej przy intensywnym mieszaniu w czasie 0,5 godziny.

Otrzymany produkt w postaci osadu wydziela się odsączając go pod próżnią i przemywając kilkakrotnie wodą destylowaną, następnie suszy się w komorze z wymuszonym obiegiem powietrza w temperaturze 100-120 °C do osiągnięcia wilgotności  $\leq 0,5$  % masowych. Wysuszony osad modyfikowanego bentonitu miele się, a następnie przesiewa na sitach o średnicy oczka maksimum 0,06 mm.

Tak przygotowany modyfikowany bentonit wprowadza się w ilości 0,8kg do 80kg ciekłej rezolowej żywicy fenolowo formaldehydowej stosując wielostopniową homogenizację polegającą kolejno na: wstępnym wymieszaniu za pomocą wolnoobrotowego mieszadła mechanicznego w temperaturze pokojowej, mieszaniu za pomocą homogenizatora ultradźwiękowego w temperaturze 50 °C, homogenizacji w szybkoobrotowym mikserze z mieszadłem turbinowym w naczyniu, pod zmniejszonym ciśnieniem, w temperaturze 50 °C, przy prędkości obrotowej mieszadła 4000 min<sup>-1</sup> i końcowej homogenizacji w ucieraku typu cylinder-cylinder o niewielkiej szczelinie

~0,5 mm zapewniającej intensywne ścinanie dzięki prędkości obrotowej  $3500 \text{ min}^{-1}$  ruchomego cylindra.

Otrzymaną kompozycję żywicy fenolowo formaldehydowej z dodatkiem modyfikowanego bentonitu użyto do impregnacji siatek z włókna szklanego o różnej gramaturze:  $90 \text{ g/m}^2$ ,  $265 \text{ g/m}^2$  i  $454 \text{ g/m}^2$ . Siatkę z włókna szklanego przepuszcza się pomiędzy naprzemiennie zamontowanymi w dolnej części wanny, wałkami gładkimi i ryflowanymi, napełnionej kompozycją żywicy w temperaturze  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  z prędkością  $10 \text{ mm/min}$  umieszczonymi. Po usunięciu nadmiaru kompozycji pomiędzy wałkami dociskowymi, przesyconą kompozycją siatkę przenosi się do pieca tunelowego, gdzie jest ona stopniowo ogrzewana do temperatury  $135 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po wyjściu z pieca tunelowego siatki schładzane są do temperatury otoczenia na walcach stalowych obracających się z prędkością  $10 \text{ mm/min}$ .

Uzyskane wyniki badań wytrzymałości siatki zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, $\text{g/m}^2$	90		265		454	
	Wytrzymałość przy statycznym rozciąganiu, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	$1179 \pm 11$	$926 \pm 9$	$2857 \pm 11$	$2777 \pm 14$	$5891 \pm 16$	$3905 \pm 12$
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	$1532 \pm 13$	$1157 \pm 12$	$3714 \pm 14$	$3471 \pm 12$	$7658 \pm 21$	$4881 \pm 14$

**Przykład 2.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do  $80 \text{ kg}$  żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono  $1,6 \text{ kg}$  bentonitu modyfikowanego chlorkiem didecyldimetylo amoniowym. Siatki z włókna szklanego o gramaturze:  $90 \text{ g/m}^2$ ,  $265 \text{ g/m}^2$  i  $454 \text{ g/m}^2$  przesycono i powlekano identycznie jak w przykładzie 1.

Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	1650±12	1250±16	3999±14	3748±12	8247±19	5271±15

**Przykład 3.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 2,4 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem didecyldimetylo amoniowym. Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1.

Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	1709±14	1296±14	4142±16	3887±16	8541±14	5467±17

**Przykład 4.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 0,8 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem dodecyldimetylobenzylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1.. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	1473±13	1111±12	3571±12	3332±14	7363±11	4686±15

**Przykład 5.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 1,6 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem dodecyldimetylobenzylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1.. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	1393±13	1203±14	3571±12	3610±13	7363±11	5076±14

**Przykład 6.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 2,4 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem dodecyldimetylobenzylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	1591±12	1250±16	3856±11	3748±12	7952±13	5271±16

Dla porównania przebadano siatki z włókna szklanego impregnowane kompozycją rezolowej żywicy fenolowo – formaldehydowej i bentonitu modyfikowanego innymi chlorkami amoniowymi.

**Przykład 7 porównawczy.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 0,8 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem trimetylo-2-hydroksypropylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12

<b>Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej</b>	973±23	865±18	2741±19	2339±21	5463±12	3821±14
--	--------	--------	---------	---------	---------	---------

**Przykład 8 porównawczy.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 1,6 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem trimetylo-2-hydroksypropylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
<b>Żywica fenolowo formaldehydowa</b>	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
<b>Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej</b>	982±21	888±11	2764±13	2411±11	5513±19	3886±17

**Przykład 9 porównawczy.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 2,4 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem trimetylo-2-hydroksypropylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	1032±32	901±21	2811±11	2534±18	5602±14	3900±13

**Przykład 10 porównawczy.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 0,8 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem dimetylodecylo-2-hydroksypropylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	961±20	853±12	2699±12	2311±16	5389±17	3732±12

**Przykład 11 porównawczy.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 1,6 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem dimetylodecylo-2-hydroksypropylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	973±14	874±15	2736±15	2454±12	5431±12	3811±19

**Przykład 12 porównawczy.** Proces otrzymywania kompozycji przeprowadzono identycznie jak w przykładzie 1, ale do 80 kg żywicy fenolowo formaldehydowej wprowadzono 2,4 kg bentonitu modyfikowanego chlorkiem dimetylodecylo-2-hydroksypropylo amoniowym.

Siatki z włókna szklanego o gramaturze: 90 g/m<sup>2</sup>, 265 g/m<sup>2</sup> i 454 g/m<sup>2</sup> przesycano i powlekano identycznie jak w przykładzie 1. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości zestawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Wyniki badań wytrzymałościowych siatek impregnowanych żywicą fenolowo formaldehydową oraz kompozycją na jej osnowie.

Gramatura siatki, g/m <sup>2</sup>	90		265		454	
	Wytrzymałość, N					
Badanie w kierunku:	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy	Wątka	Osnowy
Żywica fenolowo formaldehydowa	1179±11	926±9	2857±11	2777±14	5891±16	3905±12
Nanokompozyt na bazie żywicy fenolowo formaldehydowej	982±10	889±11	2799±14	2511±19	5556±14	3896±15