

СВОЈСТВА НА ПУЛТРУДИРАНИ МАТЕРИЈАЛИ СО РАЗНИ ТИПОВИ ПОЛИМЕРНА МАТРИЦА

Винета Сребренкоска, Гордана Богоева-Гацева*, Диме Димески

Еурокомполит 11 Октомври, ул: Александар Македонски 2/42 7500 Прилеп, Македонија,
e-mail rd@eurokompozit.com.mk, тел. +389 48 422 330; 422 331;

*Технолошко металуршки факултет, ул: Руѓер Бошковиќ бб,1000 Скопје, Македонија,
e-mail gordana@ereb.ukim.edu.mk, тел. +389 02 3060 584;

Апстракт: Направено е истражување на влијанието на различни полимерни матрици врз особините на влакна/смола композициите добиени по пат на пултрузија. За истражувањето изработени се композиции врз база на полиестерска, винилестерска и епоксидна смола како матрица и стаклени влакна како зајакнувач и истражувани се некои физички, механички и термички карактеристики. Својствата на пултрудираните композиции, како и нивните предности, укажуваат на причината за нивната се' поширока примена во сите гранки на електро-, нафтната и градежната индустрија, во производството на спортички реквизити, патната мрежа и др.

Клучни зборови: пултрузија, композици, епоксидна смола, полиестерска смола, винилестерска смола

ВОВЕД

Една од постапките за производство на полимерни композити која многу брзо се развива, со просечна брзина од 20% годишно, е пултрузијата. Пултрузијата како технологија претставува континуиран процес за производство на широк асортиман на композитни профили со најразлични конфигурации. Во пултрузијата, зајакнувачките материјали (стаклени, арамидни или јаглородни влакна) во форма на континуиран ровинг, мат или други типови на ткаенина се импрегнираат најчесто со полиестерски, епоксидни или винилестерски смоли. Пултрудираните профили се' повеќе се применуваат во сите гранки на електро индустријата, нафтната индустрија, бродоградбата, транспортот, мелничката индустрија, тутунската индустрија, авијацијата, градежната индустрија, за спортски реквизити, патната мрежа и др. [1]. За жал овие профили за сега многу малку се применуваат во Македонија.

Во овој труд е даден преглед на постапката за пултрудирање, својствата на пултрудираните профили, произведени во "Еуропрофил" - Прилеп, како и примери за нивната примена, со акцент на предностите во однос на другите типови композитни материјали.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

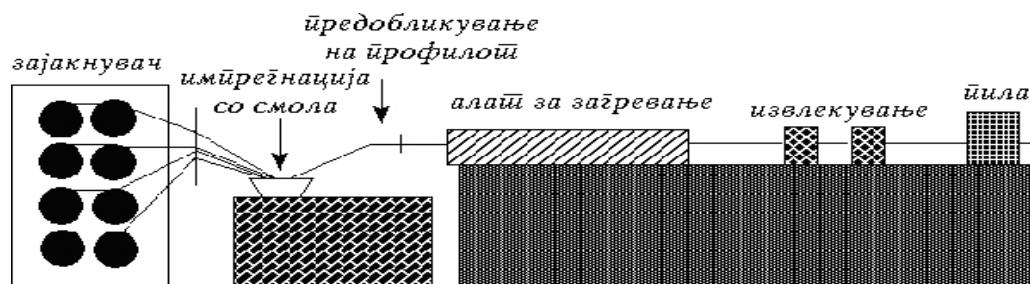
Изработени се композити со различна конфигурација по пултрузиона постапка. За производство на пултрудираните композити употребени се: полифункционална течна

епоксидна смола EPIKOTE 6002, полиестерска смола NORPOL 2829 и винилестерска смола NORPOL 660-000. Избраните смоли се наменети за изработка на композити со високи перформанси и тоа со користење на технологиите на filament winding и пултрузија. За производство на структурни композити потребно е да се подготват смолни системи односно да се користат соодветни вмрежувачки агенси. Смолните системи кои содржат вмрежувачки агенси имаат високи температури на стаклен преод и високи јачини. За ова истражување на употребените смоли се додадени вмрежувачки агенси според податоци добиени од производителите на истите.

Како зајакнувач се употребени стаклени влакна.

Пултрузијата е изведена на машината NORDIC MK-4-8000 (види слика 1).

Клучни елементи на линијата за пултрузирање се: направа за ракување со зајакнувачот, уред за натопување на зајакнувачот со смола, направа за предобликување на профилот, алат, направа за извлекување и пила [2].



Слика 1. Шематски дијаграм на процесот пултрузија

Процесот започнува со одмотување на влакната од калемот и водење кон кадата за нивно натопување со смола. На тој пат зајакнувачот поминува низ направа за предобликување на профилот, во која зајакнувачот се распоредува на саканиот начин. Така обликуваниот профил поминува низ челичен алат за загревање. Во тек на поминување на профилот низ алатот започнува реакцијата и вмрежување на полимерот, што резултира во вцврснување на зајакнатата термореактивна смола. Потоа, зајакнатиот и вмрежен профил со конечни димензии и дефиниран попречен пресек излегува од алатот. Континуираното движење го овозможува направата за извлекување. После тоа профилот се сече на саканата должина со помош на автоматизирана подвижна пила. Вообичаени се должини од неколку метри (на пр. 6 m). Постапката е прикладна за масовно производство, што воедно претставува и една од нејзините предности.

Определени се механичките својства на изработените пултрузирани композити: јачина на притисок (DIN 53454), јачина на истегнување (DIN 53453), јачина на свиткување (DIN 53457) и модул на еластичност при свиткување (DIN 53452).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Една од главните предности на пултрузираните композитни профили е можноста за моделирање на нивните својства за даден попречен пресек. Тоа се врши врз основа на барањето на купувачите.

Моделирање на својствата може да се врши со менување на составот на смолата и додатоките, менување на типот, уделот и распоредот на зајакнувачот во профилот, како и со оптимизација на температурниот режим при вмрежувањето. При тоа, најчесто се користат стаклени влакна и тоа Е и S стакло, јаглородни влакна како и арамид [3,4].

Со промена на типот и составот на смолата (матрицата) може да се влијае на:

- подобрување на корозионата постојаност;

- постигнување на самогасивост;
- смалување на емисија на штетни и отровни гасови во текот на евентуално запалување;
- постигнување на електро и топло - изолациони својства;
- смалување на впивање на вода;
- зголемување на адхезионата сила меѓу зајакнувачите;
- зголемување на отпорноста на трошење.

На исти начин со менување на типот, уделот и распоредот на зајакнувачот во профилот може да се влијае на:

- зголемување на јачината и крутоста на профилот во насока на зајакнувачот;
- зголемување или смалување на масата на профилот.

Од аспект на квалитет на композитните профили, најчести проблеми кои се појавуваат при пултрузијата се:

- појава на порозност на композитните профили, односно варирање на порозноста по должината на профилот;
- реализација на процесот на пултрудирање со искористување на почетните материјали помалку од 85%, што всушност претставува причина за штетни материји во човековата средина.

Со менување на брзината на извлекување, вискозитетот и времето на вмрежување може да се влијае на решавање на овие чести проблеми при пултрузијата.

Испитаните својства на пултрудирани профили со полиестерска, винилестерска и епоксидна смола и стаклени влакна се дадени во табела 1 и 2 .

Табела 1. Својства на пултрудирани профили со полиестерска смола и стаклени влакна

Карактеристики	Пултрудирани профили со полиестерска смола				
	<i>профил (20x10)mm</i>	<i>профил ϕ=24mm</i>	<i>профил ϕ=16mm</i>	<i>профил ϕ=10mm</i>	<i>профил ϕ=6mm</i>
Густина, g/cm ³	1,62	1,61	1,61	1,58	1,57
Количина на смола, 2h на 600°C	39,44	39,23	39,47	39,38	39,28
Впивање на вода, mg (%)	767 (5,12)	124(0,83)	104(0,7)	113(0,75)	87(0,6)
Механички					
Јачина на притисок, МПа	309,3	513,6	489,7	456,3	462,3
Јачина на истегнување, МПа	453,4	530,2	493,5	466,2	573,9
Јачина на свиткување, МПа	563,5	529,4	562,7	467,3	450,4
Модул при свиткување, GPa	24,8	23,3	23,0	22,7	23,2

Табела 2. Својства на пултрудирани профили со винилестерска и епоксидна смола и стаклени влакна

Карактеристики	Пултрудирани профили со винилестерска смола <i>профил (20x10)mm</i>	Пултрудирани профили со епоксидна смола	
		<i>профил (20x4)mm</i>	<i>профил ϕ=10mm</i>
Густина, g/cm ³	1,57	1,73	1,68
Количина на смола, 2h на 600°C	36,80	39,00	38,60
Впивање на вода, mg (%)	200 (1,39)	14,9 (0,1)	46,1 (0,3)
Механички			
Јачина на притисок, МПа	351,0	384,4	378,5
Јачина на истегнување, МПа	453,3	558,4	421,4
Јачина на свиткување, МПа	542,9	667,3	604,6
Модул при свиткување, GPa	26,6	42,5	32,1

Резултатите од истражувањето покажаа дека главна предност на пултрудираниите композитни профили е можноста за моделирање на нивните својства со менување на составот на смолата и додатоците. Најдобри механички карактеристики покажаа композитите врз база на епоксидна смола (јачина на притисок 378,5 МПа, јачина на свиткување 667,3 МПа и модул на еластичност 42,5 GPa) додека најлоши оние врз база на полиестерска смола. Иако зајакнувачот има доминантна улога во детерминирањето на механичките особини на композитите, правилниот избор на матрицата и процесните параметри допринесуваат за подобра искористување на потенцијалните можности на зајакнувачот односно влакната.

Од презентираниите резултати може да се забележи дека предностите на пултрудираниите композитни профили во однос на класичните материјали се повеќестепени: имаат голема цврстина и жилавост, ниска густина, голема аксијална јачина, стабилни попречни димензии по целата должина на профилот, мали трошоци за транспорт и одржување (доколку одржување воопшто е потребно), лесна манипулација, како и можност за "креирање" на материјалот (т.е. својствата) според барањата на нарачателот. Пултрудираниите профили се употребуваат во се' поголем број производи. Нивната се' поширока употреба е последица на комбинацијата на уникатни својства.

Во табела 3 дадена е врска својства/карактеристики и конкретните предности кои се постигнуваат со употреба на пултрудирани профили [5,6].

Табела 3. Врска својства/карактеристики и конкретни предности кои се постигнуваат со употреба на пултрудирани профили

Својства	Опис	Предности
Јачина	Релативната јачина на истегнување, свиткување и притисок е 20 пати поголема во споредба со челикот	<ul style="list-style-type: none"> - Голема слобода при конструирањето - Оптимална јачина во бараните услови - Висока жилавост
Ниска густина	Густината на профилите е 80% пониска од челичните профили и околу 40% пониска од алуминиумските	<ul style="list-style-type: none"> - Подобри својства при мала маса - Помали трошоци за транспорт - Едноставно ракување
Отпорност на корозија	Постојаност во широк опсег на корозивни медиуми	<ul style="list-style-type: none"> - Минимални трошоци за одржување - Можност за складирање на отворено - Продолжен век на траење
Електро-изолациони својства	Јачина и крутост може да се постигне со употреба на електроизолационен материјал	<ul style="list-style-type: none"> - Додатна сигурност - Предвидлив фактор на диелектрични загуби
Едноставна монтажа	Многу поединечни компоненти може да се состават во единствен профил	<ul style="list-style-type: none"> - Мали трошоци за монтажа
Димензионална стабилност	Димензионална стабилност во широк опсег на температури	<ul style="list-style-type: none"> - Можност за употреба и на повишени температури
Топлотна проводливост	Вредноста за топлотната	<ul style="list-style-type: none"> - Помала дебелина на

	проводливост е околу 60 пати пониска од онаа кај челикот и околу 250 пати пониска од онаа кај алуминиумот	изолационите компоненти - Нема проблем со кондензацијата на влага
--	---	--

Од сето наведено може да се заклучи дека пултрудираниите профили поради одличната комбинација на својства се прикладни за сите гранки на индустријата, но и за производи за широка употреба како на пример во:

градежна индустрија: за изработка на мембрани, заштитници за кабли, разни решеткасти конструкции, решеткасти подови, носачи, скали, фасадни плочи и друго.

автомобилска индустрија: за изработка на делови за средни и тешки возила, делови за автобус, облоги за кочници и друго.

електро индустрија: за изработка на разни делови за електромотор, стапчиња за електрична ограда, антени и друго.

На слика 2 се прикажани некои примери за употреба на пултрудирани профили.

Вообичаено е мислењето дека пултрудираниите профили се скапи, па често се поставува прашањето за исплатливоста на нивно вградување. Треба да се напомене дека основните составни делови (влакна, смола) се прилично скапи, меѓутоа предностите кои се постигнуваат со нивна употреба се повеќестепени. Тоа е одлучувачки фактор кој треба да се земе предвид при анализа. Произведените пултрудирани профили на технолошката линија во "Еуропрофил" и нивните својства укажуваат на перспективноста на оваа технологија и конкурентноста на добиени производи.



Слика 2. Примери за примена на пултрудирани профили (профили наменети за патната мрежа, столбови за маркирање во снег и друго.)[7]

Abstract: *The influence of different polymer matrices on the properties of fiber/resin pultruded composites is investigated. The investigation is carried out on composites based on polyester, vinylester and epoxy resins as matrices and glass fibers as reinforcements. The physical, mechanical and thermal properties of the obtained composites are tested. The favourable properties of pultruded composites make them to be the material of choice in electrical, oil-exploitation, leasure, civil engineering and other industries.*

Key Words : *pultrusion, composites, epoxy, vinylester, polyester, resin*

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ever J.Barbero, Introduction to composite materials design. Taylor&Francis, IncPhiladelphia, 1999
- [2] The Pultex Pultrusion Global Design Manual, Creative pultrusions, INC., Rushden Northants, 2000
- [3] Capabilities brochure, Creative pultrusions INC., Rushden Northants, 2000
- [4] <http://www.pultruders.com> (2001-05011)EPTA European Pultrusion Tehnology association
- [5] <http://www.trival-kompoziti.si/ang/pultrusi.htm>
- [6] V. Barac, "Production, Properties and application of pultruded profiles", Savjetovanje polimerni kompoziti, Zagreb, Hrvatska, juni 7-8, 2001
- [7] http://www.pultruder.com/layout_products.htm