

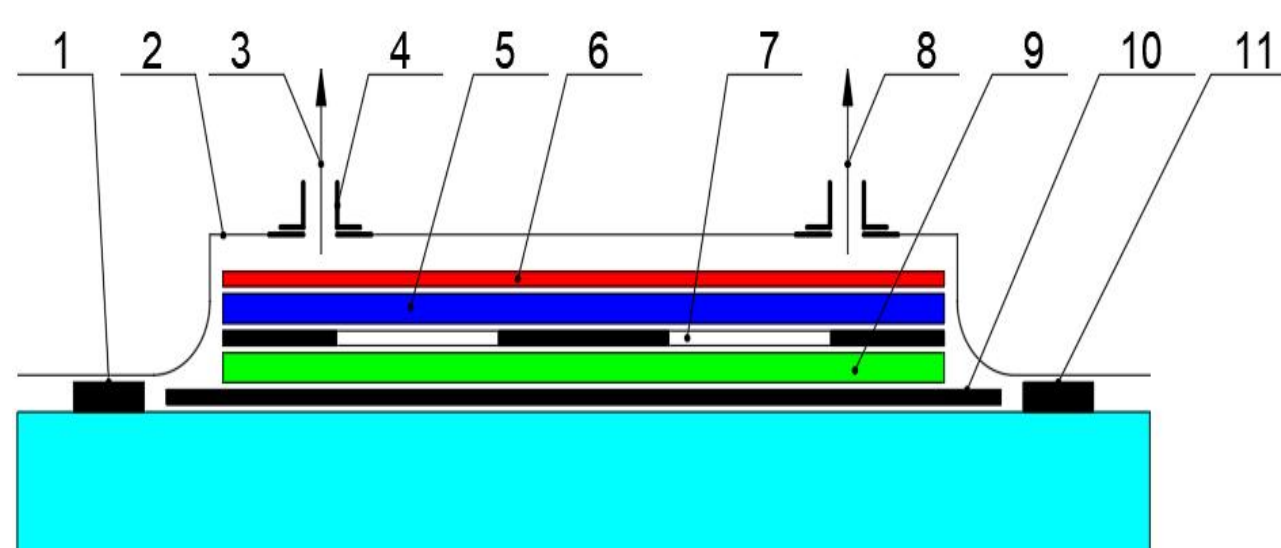
Машинно-технологичен факултет

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ОРИЕНТАЦИЯТА НА ВЛАКНАТА НА АРМИРАЩАТА ФАЗА ВЪРХУ СВОЙСТВАТА НА КОМПОЗИТНИ МАТЕРИАЛИ С ПОЛИМЕРНА МАТРИЦА

Ръководител на проекта: доц. д-р инж. Даниела Спасова, кат. МТМ
Докторант: инж. Илиян Иванов
Други участници: ас. инж. Пламен Стоянов, кат. МТМ;

Въведение

Влакнестите композитни материали с полимерна матрица, известни като Polymer Matrix Composites (PMCs) успешно заместват традиционните метални материали, като стомана и алуминиевите сплави. Основното им предимство е, че запазвайки същите габаритни размери, те са много по-леки, с по-ниска себестойност, по-добри експлоатационни свойства и с подобни механични характеристики. Подсилените с карбонови, кевларени и стъклени влакна PMCs могат много по-лесно да бъдат изработвани в сложни форми и голямо разнообразие от цветове. Техните свойства се определят от свойствата на армиращите влакна, свойствата на смолата, използвана като матрица, съотношението на армираща фаза и смола в композита, геометрията и ориентираността на влакната в композита. Тези особености формират идеята на проекта - да се изследва как влияе ориентацията на влакната на армиращата фаза върху механичните свойства (якост на огъване и якост на опън) на ПМК изработени чрез вакуумна инфузия и ръчно полагане с механично притискане. Анализирани са шест вида шестслойни PMCs уякчени с различни стъклотъкани. Три вида с матрица полиестерна смола "C-L FH- 123 B" и три вида с матрица винилестерна смола "SIRESTER VE 45M90 AT". И двата вида матрици са уякчени със стъклотъкан - monoaxial 600 g/m², biaxial 600 g/m² и triaxial fiberglass 600 g/m². Между всички три слоя стъклотъкан, с цел продотвърдяване на преплъзването на плата при изработване на композита, е поставен Fiberglass mat 450g E-glass.



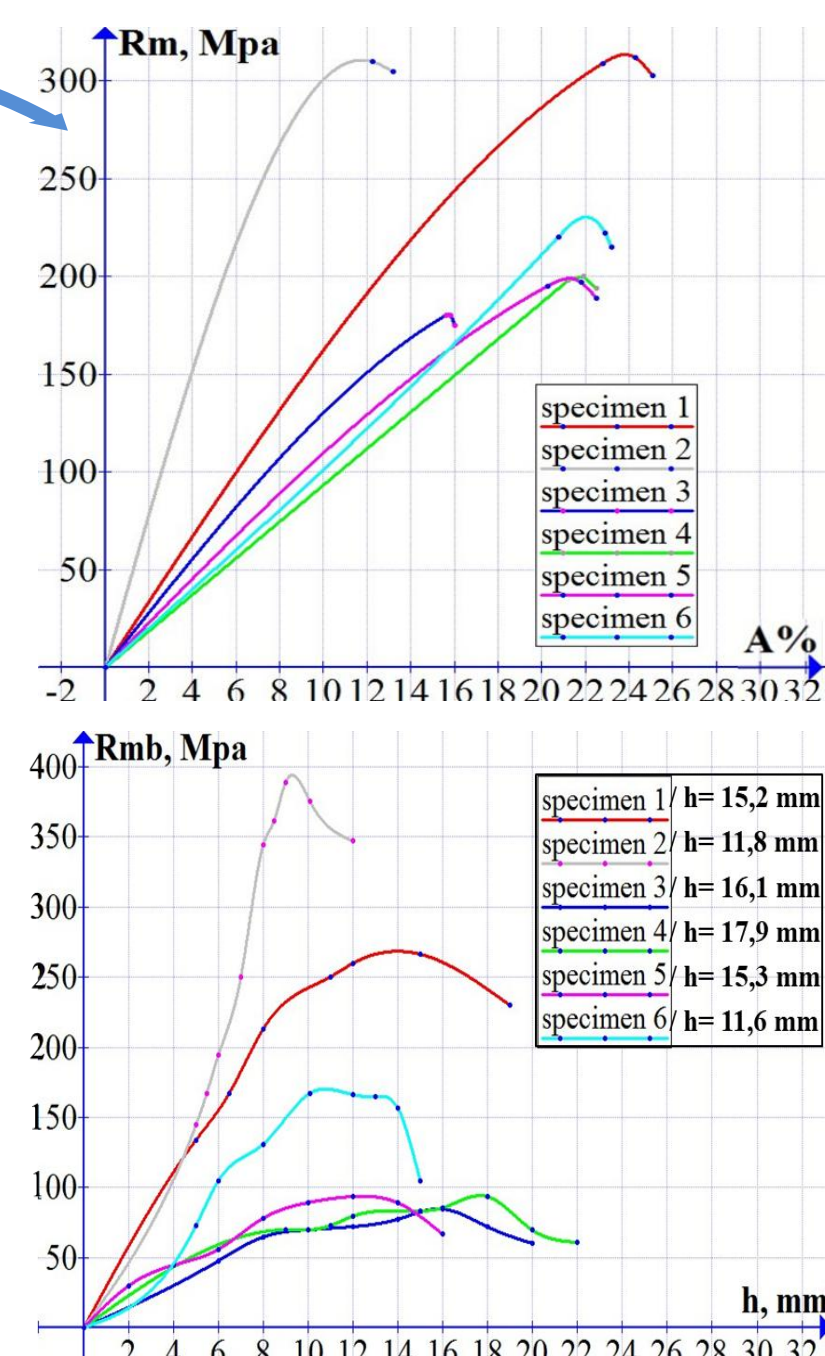
Фигура 1. Схема на формообразуване, в напречно сечение- а), с прилагане на вакуумна инфузия;
а - 1 – формообразуваща матрица; 2 – вакуум фолио/ инфуз. мембрана; 3 - вход за смола; 4 - невъзвратен клапан; 5 - абсорбираща тъкан; 6 – мрежа; 7 – перфорирано фолио; 8 - към вакуум системата; 9 – армираща тъкан; 10 – отделител; 11 - вакуум уплътнителна лента;

Резултати

От изработените ламинати PMCs са изрязани образци за изпитване на опън и изпитване на огъване. Получените стойности за якост на огъване при PMCs с матрица винилестерна смола са значително по-високи от тези на PMCs с матрица от полиестерна смола - с 60- 80 %, с изключение на композитите армирани с biaxial fiberglass. Относно вида на усилващата фаза с най- висока якост на огъване се оказаха PMCs уякчени с monoaxial fiberglass (260-400MPa) и при двете разновидности на матрицата и независимо от изследвания ъгъл на ориентация на влакната. Вертикалното изместване h (показател за деформация при огъване) при образците с матрица от винилестерна смола е с по- високи стойности в сравнение с полиестерна смола, което обяснява по-голямата якост на огъване на композитите с матрица от винилестерна смола.

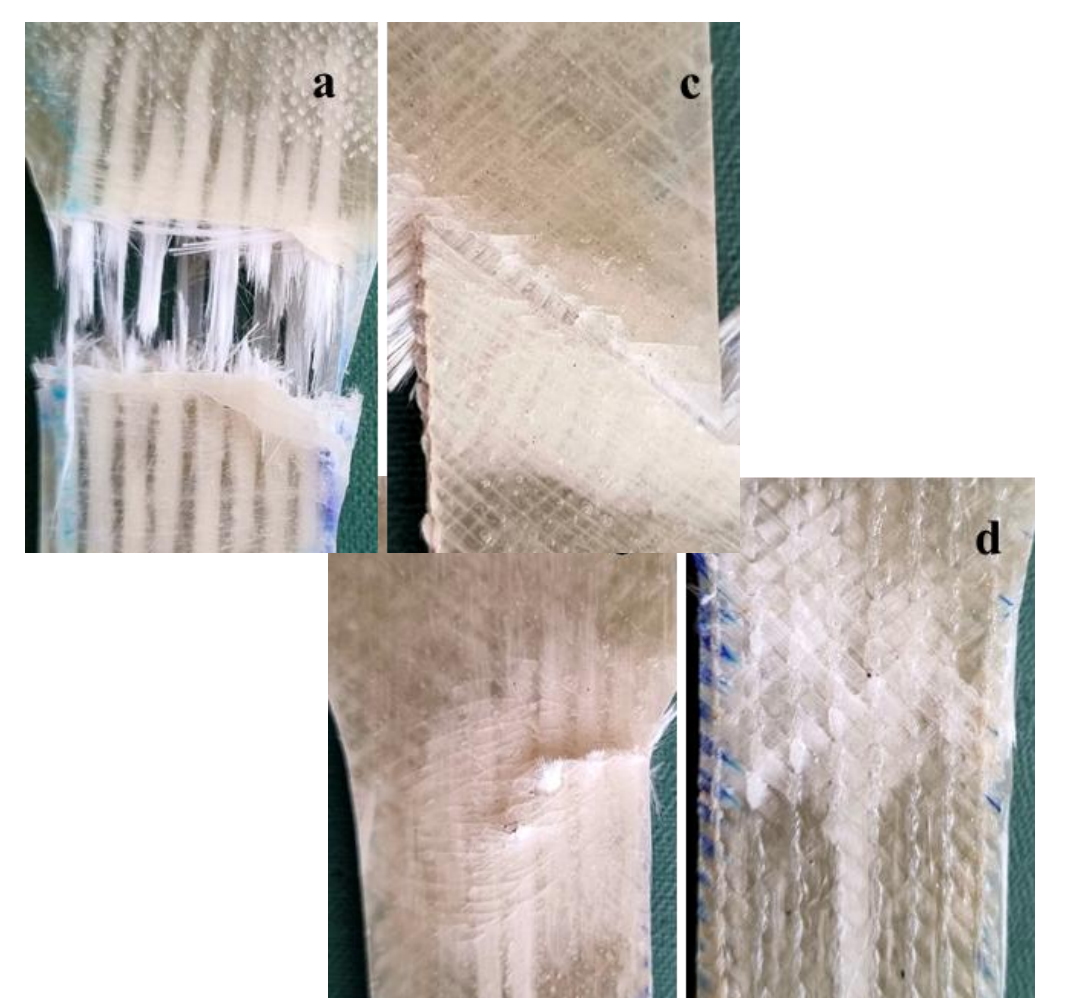
Резултати получени след изпитване на опън - таблично с цифрови стойности и с графично изображение

Образец	№	Ориентация на влакната	Rm (MPa)	Средна стойност Rm (MPa)	Образец	№	Ориентация на влакната	Rm (MPa)	Средна стойност Rm (MPa)
1 (полиест. смола и monoaxial fiberglass)	1	0°	298	310	4 (винилест. смола и biaxial fiberglass)	1	0°	194	200
	2	0°	301			2	0°	199	
	3	0°	317			3	0°	206	
	4	90°	309			4	90°	189	
	5	90°	303			5	90°	203	
	6	90°	315			6	90°	205	
2 (винилест. смола и monoaxial fiberglass)	1	0°	315	325	5 (полиест. смола и triaxial fiberglass)	1	0°	193	198
	2	0°	318			2	0°	197	
	3	0°	337			3	0°	202	
	4	90°	318			4	90°	198	
	5	90°	323			5	90°	200	
	6	90°	332			6	90°	203	
3 (полиест. смола и biaxial fiberglass)	1	0°	175	180	6 (винилест. triaxial)	1	0°	214	220
	2	0°	181			2	0°	219	
	3	0°	184			3	0°	224	
	4	90°	171			4	90°	217	
	5	90°	179			5	90°	221	
	6	90°	187			6	90°	223	



Образец	№	Ориентация на влакната	Rmb (MPa)	Средна стойност Rmb (MPa)	Образец	№	Ориентация на влакната	Rmb (MPa)	Средна стойност Rmb (MPa)
1 (полиест. смола и monoaxial fiberglass)	1	0°	259	265	4 (винилест. смола и biaxial fiberglass)	1	0°	89	92
	2	0°	267			2	0°	92	
	3	0°	270			3	0°	94	
	4	90°	257			4	90°	90	
	5	90°	269			5	90°	91	
	6	90°	269			6	90°	93	
2 (винилест. смола и monoaxial fiberglass)	1	0°	388	397	5 (полиест. смола и triaxial fiberglass)	1	0°	92	94
	2	0°	397			2	0°	94	
	3	0°	400			3	0°	95	
	4	90°	390			4	90°	92	
	5	90°	399			5	90°	95	
	6	90°	405			6	90°	96	
3 (полиест. смола и biaxial fiberglass)	1	0°	82	85	6 (винилест. fiberglass triaxial)	1	0°	155	160
	2	0°	84			2	0°	160	
	3	0°	88			3	0°	163	
	4	90°	81			4	90°	158	
	5	90°	86			5	90°	159	
	6	90°	88			6	90°	165	

Резултати получени след определяне якост на огъване - таблично с цифрови стойности и с графично изображение



Фигура 4. Макроструктура на разпространение на пукнатината: а – образец 1; б – образец 2; с - в образец 3 от страната на едноосно ориентираните влакна; д - образец 3 от страната на двуосно ориентираните влакна;

С най- висока якост на опън са композитите уякчени с monoaxial fiberglass ($R_m=330-350\text{MPa}$) и при двете разновидности на матрицата, и независимо от ъгъла на ориентация на влакната на уякчаващата фаза. Композитите уякчени с biaxial fiberglass и triaxial fiberglass са с приблизително 30% по- ниска стойност на якост на опън.

Заклучение

При всички изследвани композитни материали, винилестерната смола, използвана като матричен материал, демонстрира по-добри показатели за механична якост в сравнение с полиестерната смола, особено по отношение на якостта на огъване. Армиращата фаза оказва значително по-силно влияние върху механичните свойства, като композитите, подсилени с едноосно ориентиран стъклени влакна, притежават най-високи механични характеристики, независимо от вида на матричния материал.

Разрушаването на уякчените с monoaxial fiberglass PMCs образци е вследствие разкъсване на фибростъклените влакна, докато при уякчените с biaxial fiberglass и triaxial fiberglass PMCs първо смолата (матрицата) се разрушава, преди да се разкъсат влакната на армиращата фаза, т.к. те са преплетени под ъгъл и се изместват при натоварване. При композитите уякчени с biaxial fiberglass и triaxial fiberglass развитието на пукнатината е тангенциално, по линията на ориентация на влакната и натоварването се поема от матрицата, което обяснява по-ниските им стойности на якост на опън.

Публикации по проекта

- Spasova D., Ivanov I., Stoyanov P., Tsoneva Z., Polymer matrix composites as an alternative material in the wing construction of ultralight single-seat aircraft, "International Journal Of Modern Manufacturing Technologies"
- IVANOV, I., SPASOVA, D., & STOYANOV, P. Restoring and Improving the Wear Resistance of the Surface Layer of 65Mn Steel. NDT DAYS, 109.