

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје
Машински факултет
Студиска програма: Машинство
Студиска подпрограма: Производно инженерство

ДОКТОРСКИ СЕМИНАР И ГОДИШНА КОНФЕРЕНЦИЈА
во летен семестар 2017/2018

М-р Сара Сребренкоска

**Роботизирани AFP/ATL процеси за
производство на делови од композитни
материјали**

Ментор: Проф. д-р Владимир Дуковски

Истражувања поврзани со композитните материјали и со технологиите и системите за нивно производство!

- ❑ Развој во машинската индустријата - голем број рачни операции се заменети со автоматизирани CNC машински центри
- ❑ Производството на композитни структури - технологии од рачно поставување на влакна и ленти до автоматизирани процеси.

Сознанија добиени за:

- производствен процес со автоматско полагање на ленти
 - ✓ Automate Fiber Placement technology – **AFP** технологија
 - ✓ Automate Tape Laying technology – **ATL** технологија
- добивање на ламинирани (слоести) композитни структури.

ПОТЕНЦИЈАЛНИ КОМПОЗИТНИ СТРУКТУРИ



Композитни материјали

- два или повеќе елементи, т.е. материјал кој содржи две или повеќе различни конституенти или фази,
- високи односи јакост/тежина во споредба со традиционалните.

комполитите зајакнати со долги континуирани влакна имаат голема примена!

полимерна матрица:

терморективни (смоли)



- неможат повторно да се топат и да се преобликуваат,
- голема крутост и јачина
- висока димензиона и термичка стабилност,
- отпорни на хемикалии и растворувачи

епоксидни смоли, фенолни, полиестерски и др.

термопластични



- може да се преобликуваат со едноставно ладење и греење,
- флексибилни се и може да се реформираат,
- пониска крутост и јачина
- помалку отпорни на високи температури,
- осетливи на растворувачи

PP, PVC, PE, PC, PEET, и др.

зајакнувачки влакна:

стаклени,
јаглеродни,
арамидни и др.

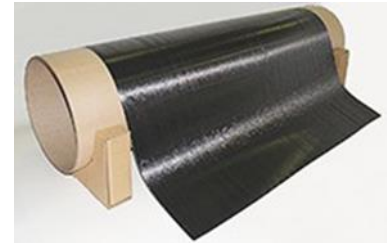
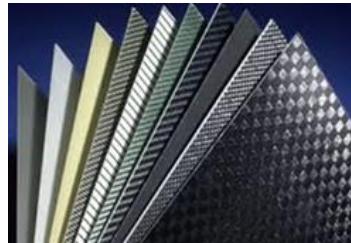


Препрег - полупроизвод:

Зајакнувачки влакна

- ткаени - fabric или
- поставени во една насока – unidirectional (UD)

} поврзани со
полимерна матрица



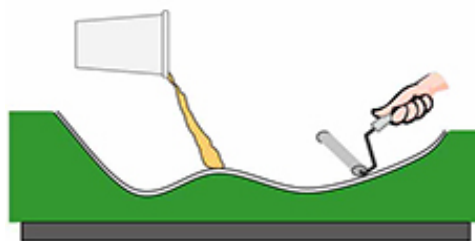
Технологии за производство на композитни структури:

- Рачно импрегнирање
 - Машинско импрегнирање
краен производ = **ПРЕПРЕГ**
 - Пресување со вакуум
 - Компресионо пресување
(отворен и затворен алат)
краен производ = **ЛАМИНАТ**
 - Намотување на влакна – се применува за ровинг
краен производ = **КОМПОЗИТНА ЦЕВКА**
 - и др.
- } се применуваат за
ткаенини
- } се применуваат за
препрег

композитните структури со високи перформанси се добиваат врз основа на зајакнувачки влакна и терморективни полимерни матрици !

Најчест процес - **рачното полагање** на слоеви од композитен препрег:

- слоевите од композитниот препрег се дефинираат и дизајнираат,
- се пренесуваат на соодветен алат за нивно отсекување,
- секој слој рачно се позиционира во калап,
- обликување на структурата со помош на компресионо пресување или во автоклав печка.



Предности:

- нема потреба од скапа опрема,
- може да се произведат делови со комплексна форма.

Недостатоци:

- производни процеси се многу бавни,
- долги циклуси на печење на терморективните полимерни матрици (смоли).

може да биде подобро доколку:

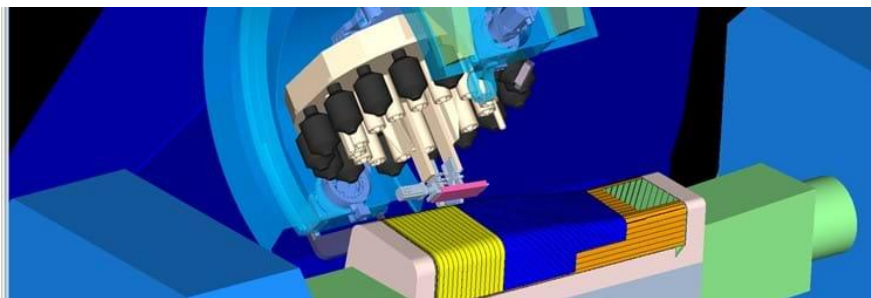
- ✓ се користат термопластични полимерни матрици и
- ✓ други поефикасни техники - автоматско полагање на влакна

ПРЕДИЗВИК ЗА ИСТРАЖУВАЊЕ!!!

Предизвик во истражувањата во оваа област:

Развојот на роботизиран производен процес *надвор од автоклав* за добивање на композитни структури.

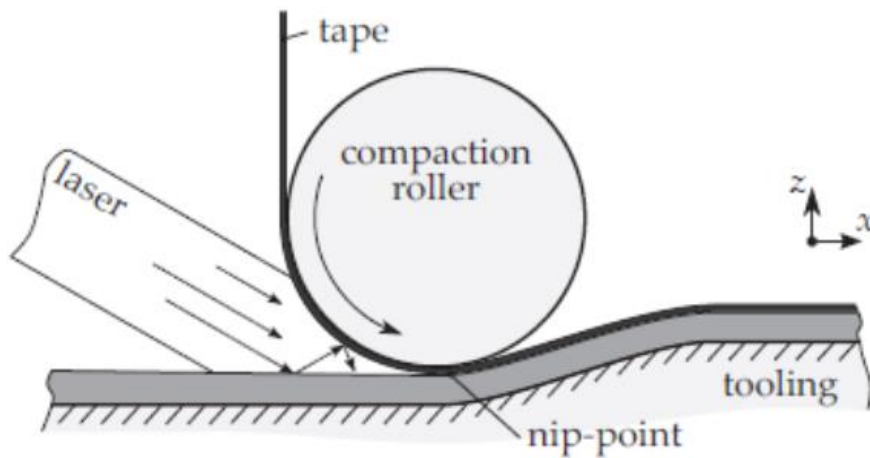
- Автоматско полагање на термопластични ленти зајакнати со влакна (препреси).
- Постепено спојување на слоеви термопластични ленти зајакнати со влакна се до формирање на крајната структура
- Примена на топлина преку ласер, жежок гас, инфрацрвени греачи.
- Примена на притисок преку компактен ролер.
- Робот за да ги насочи лентите на претходно дефинирани патеки: голема слобода во дизајнирањето на крајниот производ.



Производниот процес со автоматското полагање на ленти со помош на ласер - во првите фази од развојот, а неговата индустриска апликација е во мали размери.

- сложеност на процесот,
- оптимизација на голем број на влијателни параметри и
- примена на експериментални методи и проби.

AFP/ ATL технологија со поставување лента со помош на ласер



*tape placement
fiber placement
tape laying*

производен процес со поставување на влакна или поставување на ленти

AFP технологија (Automate Fiber **Placement** technology) - производниот процес со автоматско полагање на танки ленти препрег со точна широчина.

ATL технологија (Automate Tape **Laying** technology) - производен процес со автоматско полагање на пошироки траки или ленти препрег

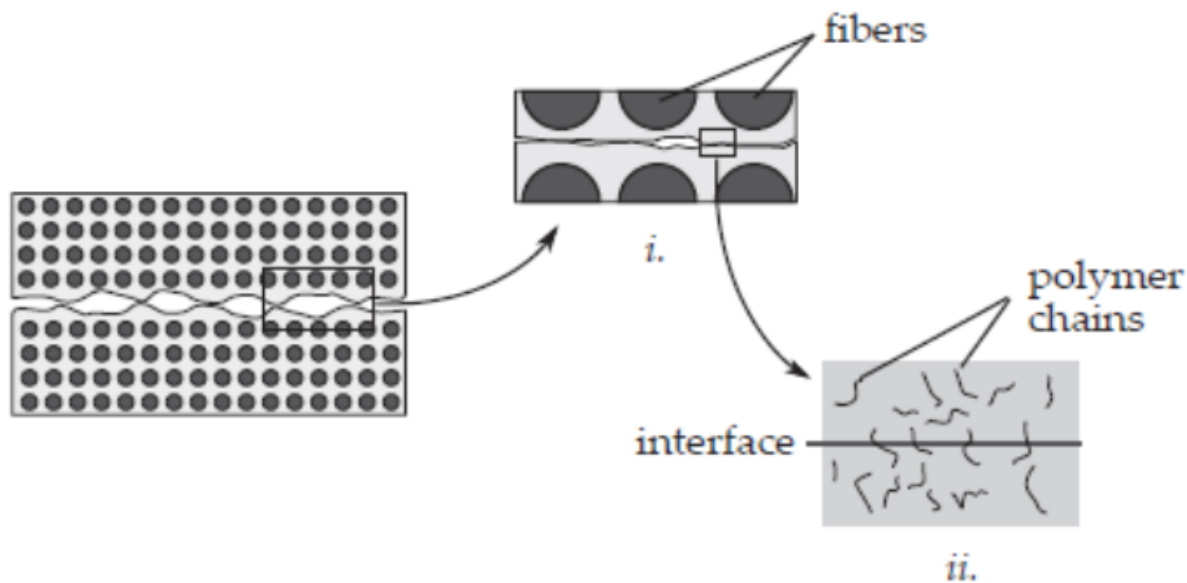
Важно – консолидирање на лентите директно за време на поставувањето - ќе спречи да се троши дополнително време и енергија за пост-консолидација !

Пост – консолидацијата претставува дополнителен чекор и се прави со помош на автоклав, а следи после полагањето на лентите.

Интерламинарното сврзување на термопластичните ленти - важна улога во процесите AFP/ ATL.

Процесот на поврзување на слоевите:

- а. **интимен контакт** – кој мора да се постигне помеѓу слоевите и
- б. **интермолекуларна дифузија** - процес кој е познат како вмрежување (curing) и се одвива помеѓу површините во интимниот контакт.



Интерламинарно поврзување на термопластични композити: лентите се доведуваат во контакт, по што i. се развива интимен контакт и ii. се случува интердифузија на полимерни синџири

Параметри кои влијаат на автоматизираниот процес на поставување на ленти со помош на ласер:

- **Температура, притисок и време** - консолидација од неколку секунди!
- **Интензитет и моќност на ласер**
- **Тип на ласер**
- **Тип на оптика (различни леќи)**



За добивање на крајна композитна структура со добри карактеристики - комплексен однос меѓу:

- параметрите за обработка,
- својствата на материјалот и
- силата на поврзување (интерфејсот).

Важно!

добар дизајн на процесот

добар интерфејс на термопластичните препрег ленти.

Главната цел :

- Дефинирање на технолошките параметри
- Добивање на композитна структура на самото место, без дополнително процесирање во традиционална автоклав печка или во преса (што вообичаено се применува).

Планирани истражувања:

- за својствата на материјалот,
- механизмите на спојување на слоевите односно интерфејсот,
- параметрите кој најмногу влијаат на процесот
- експериментална работа и
- примена на математичко моделирање на процесот.

Планирани тестирања:

- на одредени механички карактеристики,
- микроскопски снимки (оптички, СЕМ) и преку
- некои недиструктивни методи (NDT) за испитување на дефекти во ламинираните композити.

AFP/ATL технологија

- висока продуктивност,
- ниска потрошувачка на енергија и
- најчесто се применува за производство на композитни структури за авионската индустрија.



**ВИ БЛАГОДАРАМ НА
ВНИМАНИЕТО!**