

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Примењена механика и аутоматско управљање

Предмет: Влакнима ојачани материјали

Број индекса: 31/2012

Јулијана М. и Лабовић

Примена композитних материјала

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Драган Милосављевић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

прикаже основне дефиниције и поделе влакнима ојачаних композитних материјала и њихове предности и мане при употреби у различитим областима примене.

Посебна пажња би требало да буде посвећена примени ових материјала у производњи ваздухоплова, у бродоградњи и аутомобилској индустрији.

Дискутовати предности и мане употребе различитих врста влакана и матрица и мотиве њихове употребе као конституената.

Препоручена литература:

- 1) Leslie N Philips, Design with Advanced Composite Materials, 1995.
- 2) Зоран Васић, дипл. инж. Војнотехнички Институт, Београд, Проф. др Златко Петровић, дипл. инж. Машински факултет, Београд, Савремени композитни материјали у пројектовању и производњи ваздухопловних конструкција, 1.06.2015
- 3) Др Драган Милосављевић, Влакнима ојачани композити у индустрији моторних возила – могућности и ограничења, Прво Југословенско саветовање о композитним материјалима, Крагујевац, 15.05.1995.

...

Крагујевац, датум

15. 06 2015.

ментор:

Др Драган Милосављевић,
редовни професор
Факултета инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу

Резиме

У овом раду разматра се примена композитних материјала и побољшање карактеристика авиона, било војних или путничких, бродова и аутомобила. Рад је подељен на три битне целине. У првој је објашњена примена код авиона, у другој код бродова, а у трећој код аутомобила. Композитни материјали могу да се примене у многим областима, али у овом раду се односи на моторна возила. У раду је објашњено зашто су композитни материјали бољи од неких других.

Кључне речи: композитни материјали, примена, авиони, бродови, аутомобили

Abstract

This paper discusses the application of composite materials and improved aircraft, whether military or passenger, ships and cars. The work is divided into three main continent. The first application is explained in the plane, the second in a ship, and the third in a car. Composite materials can be applied in many areas, but in this article applies to motor vehicles. The paper explains why the composite materials are better than others.

Key words: composite materials, application, airplanes, ships, cars

Садржај

1.Увод.....	2
Аеродинамика.....	2
Композитни материјали	3
Класификација композита.....	3
Примена композита.....	4
2.Примена композитних материјала у аеродинамици	5
Композитни материјали у војном и цивилном ваздухопловству.....	5
Производња	9
3.Примена композитних материјала у бродоградњи	14
4.Примена композитних материјала у аутомобилској индустрији	17
Историја употребе композитних материјала у аутомобилској индустрији.....	17
Ланена влакна	18
Влакна конопље	18
Предности биљних у односу на стаклена влакна у аутомобилској индустрији	19
Делови шкољке	20
Делови мотора	21
Механички јако одговорни склопови и делови	22
5.Закључак	23
6.Литература.....	24

1. Увод

Аеродинамика

Лет птица је била човекова инспирација за проучавање и дефинисање физичких основа лета тежег тела од ваздуха.

Аеродинамика је наука која се бави кретањем ваздуха у односу на чврста тела. Земљина атмосфера представља ваздушни омотач око Земљине кугле. Тај ваздушни омотач се дели на четири слоја: тропосфера, стратосфера, јоносфера и ексосфера. Ексосфера представља границу са међупланетарним простором. Атмосфера се карактерише променама физичких величина притиска, температуре, влажности, густине у функцији годишњег доба, географске ширине, висине и дужине. Средње вредности физичких величина су стандардизоване у стандард атмосферу. Те стандард атмосфере су референтне за поређење у анализама при конкретним атмосферским условима.

Подела аеродинамике се врши на више начина. Неки проблеми се решавају у више њених грана. Деле се на: подзвучна (субсонична), крозвучна (транссонична), надзвучна (суперсонична), хиперсонична, аеродинамика слободних молекула и не-Њутнова струјања.

Аеродинамика, већином, изучава део у којем се сматра да је ваздух идеалан флуид. То значи да је ваздух безвискозан али да може бити стишљив и нестишљив. Безвискозност је случај када нема тангентијалних напона између честица ваздуха при њиховом кретању, а ни у односу на површину тела коју опструјава. Занемаривање вискозности за аналитичко изучавање већине феномена у аеродинамици је корисно и допустиво али при одређеном опсегу брзина и висина. Реалан ваздух је вискозан и вискозност се у неким случајевима узима у обзир, као што је случај при одређивању граничног слоја.

Примена аеродинамике у пројектовању летелица се првенствено односи на авионе.

Композитни материјали

Велики напори су учињени при проналаску материјала који су лаки, велике отпорности као и великог модула елстичности, што је довело до развоја композитних материјала. За примену идеални материјал би требало да буде јак, жилав и лак. Уз то је битно да цена материјала буде што нижа. Идеалан материјал би се постигао комбиновањем два материјала са комплементарним особинама. Композитни материјал би требало да има комбиноване предности материјала од којих је састављен. Може да настане комбиновањем два или више материјала, при чему се добије нови материјал чија својства могу да се контролишу. Имају побољшане особине у односу на њихове саставне делове, те особине су углавном механичке, као што су жилавост, чврстоћа, крутост и слично, отпорност на спољне утицаје, као што су влага, температура, абразивна дејства, итд., повећана трајност и томе слично.

Композитни материјали имају велику чврстоћу, малу масу, добра антикорозивна својства, лаку обрадивост, малу топлотну проводност и веома изражене анизотропне особине. Најчешће се користе у ситуацијама када је пожељно да конструкција има делове који имају такве механичке особине које не би могле да се постигну конвенционалним материјалима.

Композитни материјали су заменили метале, због своје отпорности на корозију и мале тежине пластике, у многим применама у индустрији моторних возила. Ови материјали се деле у две основне групе: термостабилне и термопластичне. Ова подела је заснована на карактеристикама њихове прераде.

Композити, опште гледано, покривају најширу област могућих особина. Њихове особине се пројектују према специфичним захтевима.

Класификација композита

Композитни материјали су сложене структуре код којих је тешко одредити јасну разлику међу њима. Класификација може да се врши према различитим критеријумима:

- ❖ Према врсти матрице: пластична, метална, керамичка или карбонска;
- ❖ Према врсти влакана: стаклена, угљенична, борна, арамидна, итд.;
- ❖ Према геометрији ојачања: ојачања кратким или дугим влакнима, ојачања честицама итд.;
- ❖ Према особинама влакана и матрица итд.

Чешће коришћена и прихваћена подела композита је на:

- ❖ Ојачане материјале – системи са ојачањем у облику честица, куглица, кратких влакана;
- ❖ Влакнима ојачане материјале;
- ❖ Комозите ојачане јаким влакнима (усавршене композите) – системи ојачани дугим јаким континуалним влакнима.

Оштра граница при подели се не може поставити, тако да је оваква подела условна.

Може да се изврши подела на три основне које их грубо разврставају:

- ❖ Композити са дискретним честицама уграђеним у матрице;
- ❖ Влакнима ојачани композити код којих су основни саставни материјали влакна и матрице;
- ❖ Слојевити композити – ламинати који се састоје од слојева више различитих материјала.

Свака група има своју погруппу која се формира на основу саставних материјала, начина израде, произвођача, поља примене и других карактеристика.

Поступци израде композита у отвореном калупу:

- ❖ Ручно слагање;
- ❖ Распршивање;
- ❖ Техника аутоклава;
- ❖ Машинско намотавање;
- ❖ Центрифугално ливење.

Поступци израде композита у затвореном калупу:

- ❖ Вруће пресовање у калупу;
- ❖ Инјекционе пресовање у калупу;
- ❖ Пултрузија;
- ❖ Хладно пресовање у калупу;
- ❖ Убризгавање смоле.

Примена композита

Из више разлога усавршени композити на бази континуалних влакана и полимерних матрица прогресивно замењују класичне конструкционе материјале, нарочито метале, у многим областима.

Примери примене композита:

- ❖ Комерцијална авијација;
- ❖ Васионски и војни програм;
- ❖ Спорт – уживање;
- ❖ Аутомобили;
- ❖ Хемијска индустрија;
- ❖ Индустрија вагона;
- ❖ Грађевинарство;
- ❖ Инфраструктура;
- ❖ Поморство;
- ❖ Електроника и информационе технологије;
- ❖ Високотемпературни мотори;
- ❖ Биомедицинска примена композита.

2.Примена композитних материјала у аеродинамици

Композитни материјали се већ дуги низ година користе у ваздухопловству. Неоспорне су предности композитних структура у односу на металне ваздухопловне структуре, као што су: бољи однос чврстоће и масе, смањено време за одржавање током експлоатације, продужени животни век ваздухоплова, смањен укупан број структуралних делова и мањих подсклопова, мањи број везних елемената, већа отпорност на корозију и оштећења услед замора материјала, итд.

Почетком двадесетог века прве структуре авиона израђивале су се од платна и лепка, уз мало ојачања од метала. Затим је уследио период од више деценија коришћења лаких металних легура за израду, а последњих година поново су актуелне композитне структуре које у основи имају више слојева платна у полимеризованој матрици.

Годинама пројектанти структуре ваздухоплова имају за циљ да комплетну структуру главних склопова ваздухоплова, као што су крила или труп пројектују и израде искључиво од савремених композитних материјала. Наравно, свака оваква идеја има своје присталице и противнике. Присталице композитних структура истичу да се избором композитних материјала повећава простор у кабини трупа уз истовремено повећање перформанси и смањивање отпора.

Корист је у односу чврстоће и масе, смањеном времену за одржавање током експлоатације, продуженом животном веку ваздухоплова, смањеном укупном броју структуралних делова и мањих подсклопова и мањем броју везних елемената. Време које је раније било утрошено за бушење рупа сада је уштеђено, зато што је мањи број рупа на деловима.

Има више типова ваздухопловства и најлакше их је поделити на цивилне и војне.

Композитни материјали у војном и цивилном ваздухопловству

Постоји више разлога зашто је демонстрација боља у цивилном него у војном ваздухопловству. Велики цивилни авиони лете на већим раздаљинама по читаву ноћ и дан са великим бројем сати летења у току дана.

Војно ваздухопловство није само мање интензивно већ у случају штете може бити немогуће да се ваздухоплов реконструише ради доказа. Војни ваздухоплови користе композитне материјале већ неколико десетина година, али је укупна количина композитних материјала која је уграђена у војне ваздухоплове релативно мала, с обзиром на ограничен број произведених војних ваздухоплова. Од раних деведесетих година прошлог века па до данас приметно је смањење композита у структури војних борбених ваздухоплова. Амерички борбени авиони: F/A-18E/F, F-22 и F-35 имају смањену укупну количину композита у односу на очекивања за такве авионе. Код ових авиона све спољне површине трупа, крила и репова су израђене или прекривене композитним материјалима како би се смањила маса, веће отпорности на корозију и

замор материјала (сл. 1 и 2), али је унутрашња структура борбених авиона израђена од лаких металних легура.

Четири фактора утичу да се композити у садашњем проценту уграђују у борбене авионе:

- ❖ Промена у филозофији пројектовања авиона ка филозофији да су битни фактори приступачност и перформансе;
- ❖ Борбени авиони нису тако пројектовани да у потпуности искористе све позитивне особине композитних материјала, јер се авиони још увек пројектују као да су потпуно метални. Данас се авиони пројектују онако како би авион од лаких металних легура требало да буде пројектован, али уз коришћење композита;
- ❖ Потребан је дугогодишњи развој и много уложених средстава за добијање жељеног композитног материјала са одговарајућим карактеристикама за одабрану сврху;
- ❖ Композитни материјали су касније почели да се развијају од легура лаких метала, па је њихова примена на борбеним авионима у почетку била споредна. Током развоја, њихова примена се проширила, док се њихова примена данас веома смањила.

Примена композитних материјала на борбеним авионима у новим условима зависиће од: освајања и усвајања нових технологија производње композита, њихове примене на новим конструкцијама, смањења времена израде великих композитних склопова и цене коришћења нових материјала применом нових метода производње композитних склопова.



Слика 1. Пример војног авиона у лету



Слика 2. Пример војних авиона у лету

У цивилном ваздухопловству се последњих година планира проширена употреба композитних материјала. Тиме се отвара једно ново поглавље у примени композитних материјала када ће се много већи делови и склопови (цео труп, крило) израђивати од композита и то у много већој серији него што је био случај код производње војних авиона.

Путнички цивилни авиони су по својим габаритима много већи од војних борбених авиона, што значи да ће производња и потрошња савремених композитних материјала бити много већа него данас.

Илустративан приказ повећаног коришћења стакластих влакана се може видети на примеру Боинг (Boeing) авиона. Целокупна површина од 19 m^2 је типична за 707 авион; 167 m^2 за 727; 279 m^2 за 737; и 929 m^2 за 747 тип авиона (сл. 3 и 4).

Са повећаном доступношћу арамидних влакана, ди Понт (Du Pont) – фирма која је развила многе полимере као што су: Веспел, неопрен, најлон, Цориан, тефлон, Милар, кевлар, Земдраин, м5 влакана, Номекс, Тивек, Сорона и ликре, надала се да ће угљеник постати примаран, а стакло секундарна компонента. У односу на угљеник арамид има мању чврстоћу на притисак, док у односу на стакло има бољу крутост и мању густину, али чврстоћа на притисак и даље представља проблем.



Слика 3. Boeing 747



Слика 4. NASA Boeing 747-100

Производња

Услов за производњу ваздухопловних структура од композита је да уложени рад, време и новац не буду већи од постојећих. То значи да је за израду композитних структура неопходно повећати обим производње оваквих склопова без доградње нових производних простора, јер се проширење фабричких постројења ни по цени, ни по временском циклусу израде не може оправдати савременим захтевима тржишта.

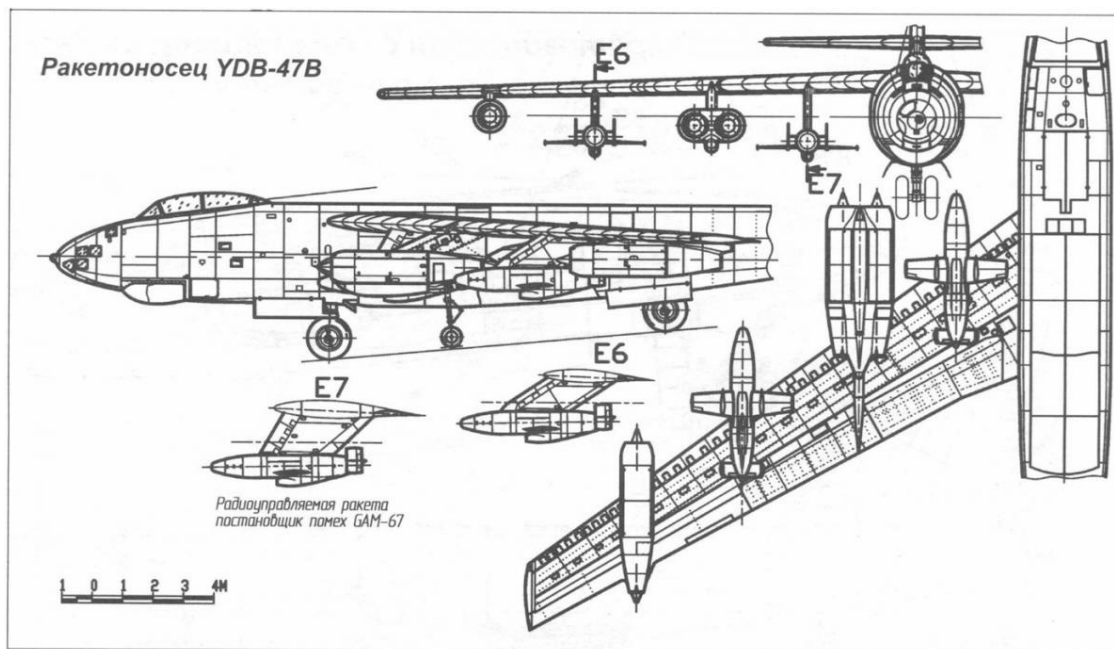
Као пример може се видети како изгледа процес производње композитних делова разложен на низ активности. Запажа се да се највише времена троши на процес слагања слојева композита и то 42%. Такође, према садашњем технолошком нивоу произвођача композитних склопова, немогуће је производити већи обим композитних ваздухопловних склопова без негативног утицаја на квалитет. Као једини могући излаз из овакве ситуације види се у повећаној аутоматизацији израде. Аутоматизација као излаз се види не само у производном процесу него и током процеса пројектовања, где се папирна конструктивна документација замењује електронском. Савременим захтевима за израду великог броја ваздухопловних композитних склопова не могу да одговоре произвођачи који за израду композитних склопова користе слабо аутоматизован и ручни поступак слагања слојева композитних платна или препрега.

Обим производње за велике произвођаче авиона, као што су Боинг и Ербас, захтева да произвођачи композитних склопова постигну брзину слагања слојева композита од око 50кг на сат. Имајући у виду да су дебљине појединих слојева композита које се користе за израду ваздухопловних структура најчешће од 0,1 до око 0,3mm, лако је закључити које су количине платна или препрега неопходне неком произвођачу да обезбеди како би осигурао дневну производњу.

У напоре за обезбеђење услова за повећану производњу укључили су се и произвођачи аутоматизованих машина за полагање платна или препрега. Светски познате фирме за израду висококвалитетних машина за машинску обраду лаких легура или челика су направиле машину са више глава за полагање слојева композита које су веома брзе и не заузимају више простора од сличних машина са једном главом за слагање слојева.

Фирме за израду софтвера их прате у томе и праве софтвере за системе којима се рачунарски управљају машинама за слагање слојева. Оне користе тродимензионалне CAD солид моделе као основу од које се полази за трансформацију у програму којим се управља машина за слагање ламината. Тако се софтвером омогућава да се пројектовани део уз помоћ CAD система погодним путем претвори у низ операција слагања слојева, које на крају процеса израде, као резултат, дају стварни композитни део.

Додатна функција, која се на нове машине са више глава за слагање ламината додаје, је нож за сечење трака. Овим се омогућава компактност система који слаже слојева ламината и сече их на потребну дужину. Неке од машина имају могућност означавања појединих слојева у виду линија бар-кода или посебним симболима. Тиме се елиминише накнадно технолошко време, чиме се знатно штеди на времену, а грешке се елиминишу.



Слика 5.а)



Слика 5.б)



Слика 5.в)

На сликама 5. а), б) и в) су приказани модели урађени у CAD системима.

Компанија Ербас је на летелици А380 крила израдила применом композитних материјала. Овај летећи џин (како га зову) се може упоредити само са знатно мањим (у односу на њега) Боингом 747 у односу на кога има готово 17% нижу потрошњу горива при чему има већи максималан долет за готово 700 km, а на том растојању може да преведе готово 300 путника више. За израду ове летелице су се користили композитни материјали, што је један од фактора нижих оперативних трошкова.

На пољу војних летелица Ербас ради на пројекту транспортног авиона А400-Атлас. Ова велика четворомоторна летелица је намењена војним корисницима као платформа за искакање падобранаца и транспорт материјала. Процењено је да је око 20% структуре ове летелице, која је први пут полетела децембра 2009, израђено од напредних композитних материјала.



Слика 6. Airbus A380

Многи часописи пишу о овим летећим диновима у контексту да су то летећи хотели. У њима је све направљено да се путници осећају као код куће, има два спрата и веома је широк. Може да прими 525 људи уколико се користи у типичној конфигурацији за трећу класу, а може и чак до 853 уколико се користе у конфигурацији за економску класу.



Слика 7.



Слика 8.

На сликама 7 и 8 су приказане неке од унутрашњости ових авиона.

3.Примена композитних материјала у бродоградњи

Поред примене у баздухопловству и авио опремама они су такође интензивно користе и у наутичким пловилима.

Годинама су се бродови израђивали од челика. Пре него што су били доступни композити и лаке алуминијумске конструкције, сви чамци и бродови су направљени од дрвета. Због тога су били веома скупи, лоше су утицали на животну средину и имало је доста проблема у одржавању.

Дрво је најстарији материјал у бродоградњи од којег се данас граде само неке врсте бродова, као што су: чамци, јахте, миноловци, рибарски и мањи бродови разних намена. На металним бродовима облоге палуба, опрема унутрашњости брода и намештај се израђују од дрвета. Дрво је материјал који има малу специфичну тежину, задовољавајућу чврстоћу и обрадивост. Однос чврстоће према маси је три пута већи него код челика. Дрво има задовољавајућу жилавост, добро подноси динамичка оптерећење и немагнетично је. Недостаци дрвета су: слаба сједињеност (лабави), оганичен животни век у влажној средини, подложност штетном деловању биљног (алге) и животињског (бродотоцац) света и лака запаљивост. У бродоградњи се највише користе: ариш, орегонски бор, бор, кеदार, храст, јасен, махагони, тик и буква.

До пре деценију су се композитни материјали сматрали веома опасним у бродоградњи. Због хемијског састава хемикалија које се користе, забринутост због опасних гасова у случају пожара. Направљен је материјал да издржи ригорозне услове океана и ватру истовремено. Одобрен је од стране СОЛАС (SOLAS – безбедност живота на мору). Одобрењем да се користе композитни материјали на бродовима је донела много уштеде компанијама које се баве њиховом градњом.

Индустрија за доставе је имала и сама корист из промене материјала за градњу бродова. Композити су јефтинији да се направе у односу на челик и њихова лагана природа и снага доприноси њиховом дужем трајању. Поред тога, због своје лагане природе, имају способност да смање потрошњу горива.

Када је постало утврђено да стаклена влакна композита могу да се безбедно користе у изградњи бродова, даљих покушаја да се користе материјали као што су угљеник и алуминијум су се смањили. Бродоградитељи и даље експериментишу са начинима да се користе композити и унапређењем сигурности ових материјала.

Производња чамаца и јахти се упоређује кроз упоређење алуминијума и стаклених влакана (стакло-пластика) односно њихових карактеристика као основних материјала који се користе у њиховој изградњи. Предности употребе композита од стакленог влакна су:

- Цена чамаца, који се базирају на стакленим влакнима, је знатно нижа него цена чамаца чија се изградња базира на алуминијуму;
- У случају оштећења, поправке се могу урадити лако и скоро свуда;
- Измене и проширења се накнадно могу извести лакше а тиме и повољније;

- Управо се код избора материјала од којих се праве чамци и јахте истиче разлика између два различита синтетичка материјала матрице: полиестер и епоксидне смоле.

Полиестарске смоле су тзв. незасићене полиестарске смоле, које се најчешће базирају на ортофталној киселини. Оне постижу добру механичку чврстоћу, при чему нуде изванредан однос између цене и квалитета. Смоле изофталне киселине имају бољу отпорност на воду и хемикалије и у односу на цену налазе се нешто мало изнад незасићених полиестарских смола.

Најбоље карактеристике нуде тзв. ИСОНПГ-смоле (Изофтална киселина-неопентилгликол), које примену налазе у градњи резервоара. У односу на цену оне су изнад једноставнијих смола изофталне киселине.

Епоксидне смоле, пак, састоје се из две компоненте: компоненте смоле и компоненте за учвршћење. Епоксидни системи се од стране произвођача полазних материјала подешавају тако, да обе компоненте стоје у прецизном количинском односу. Само тако су могући оптимални резултати. Епоксидне смоле су, ако се не узму у обзир други специјални услови, најквалитетније смоле за израду матрица са веома широким подручјем примене, па могу да се модификују за скоро све захтеве и потребе. У поређењу са полиестерских смолама предности су опште боље механичке карактеристике, већа отпорност на ударе, већи праг пластичности при кидању, боља постојаност на воду и ултраљубичасте зраке.



Слика 9. Брод за крстарење

Уопштено, везане композитне превлаке могу се користити као метод за ојачање структуре или, алтернативно, за поправке пукотине. Као ојачање структуре, композитне превлаке су једноставно везане за здраву структуру, која не садржи никакве пукотине. Њихова главна сврха у таквим случајевима је спречавање очекиване деградације структура која би иначе изазивале кварове. Ако је структура већ ослабљена због пукотина може се ефикасно поправити коришћењем превлака.

На слици 9 је приказан брод за крстарење који има делове направљене од композитних материјала.



Слика 10. 3D приказ брода

3D модел брода је приказан на слици 10 који има делове направљене од композтних материјала.

4.Примена композитних материјала у аутомобилској индустрији

Композити се у аутомобилској индустрији употребљавају још од 1950-их. Предности такве производње аутомобилских делова: мала маса, ниске инвестиције у производњу, снижење трошкова уједињавањем делова, задовољавајућа механичка својства, антикорозивност итд. Недостаци су: виша цена потребних састојака, употреба нових и недоказаних материјала те тешкоће у великосеријској производњи.

За производњу великих серија аутомобилских делова данас се користи ињекцијско и директно пресовање. Композити који се користе за јефтиније примене састоје се од пластомерна или термоочврсле матрице ојачане стакленим влакнима. Често такви композити, ради ниже цене, садрже и честице минералних пунила. Стаклена влакна се замењују јефтинијим влакнима биљног порекла. Последњих година знатно је порасла употреба полимерних композита у аутомобилској индустрији. Због своје мале масе, која значи мању потрошњу горива, те нижих инвестиционих трошкова, који олакшавају прелазак на овакву производњу, полимерни композити врло су перспективни у аутомобилској индустрији.

Историја употребе композитних материјала у аутомобилској индустрији

Полимерни композити појавили су се у аутомобилима убрзо након завршетка Другог светског рата. Употреба им је у почетку била ограничена на мале и споредне компоненте. Велик корак напред било је путничко возило Chevrolet Corvette, произведено 1953., чији су делови тела били израђени од полиестера ојачана стакленим влакнима. У Источној Немачкој се 1950-их почео производити Трабант, који представља почетак употребе биљних влакана јер му је шасија била направљена од памучних влакана у полиестерској матрици. Директно пресовање осмољеног листа је почело 1972. Каснијих година, 1970, потреба за мањом масом аутомобила је допринела развоју многих нових примена композитних материјала. Композити су се почели озбиљно разматрати као материјал за структурне компоненте. Изграђивали су се носачи хладњака, лиснате опруге или точкови. Ињекцијско пресовање примењено је 1984. у изградњи другог високосеријског аутомобила чија је цела каросерија била изграђена од композита под називом Pontiac Fiero. Почетком 1990-их посредно пресовање показало се као погодан поступак производње каросерије комерцијалних аутомобила мањих серија као што је Dodge Viper.

Данас су ретки делови аутомобила који нису направљени од композитних материјала. Такође, при изради је битна и заштита околине. Зато постоје многа истраживања и све више расте употреба биоматеријала у композитима. За моделе код којих цена није ограничавајући фактор употребљавају се композити од епоксидне термоочврсле матрице и угљеникових влакана. Осим развоја лакших композита, са бољим механичким својствима, ради се на развоју свих компонената у композиту.

Стаклена влакна су замењена биљним влакнима. Стаклено влакно је тешко одвојити од полимерне матрице. Замена биљним влакнима има економске, социјалне и еколошке предности. Разлози су многобројни: биљна влакна као што су влакна лана, јуте, конопље, агаве, цурауа (врста из породице ананаса) и др. јефтинија су и лакша од стаклених влакана. Влакна лана и конопље се највише користе у аутомобилској индустрији.

Највећи недостатак биљних влакана су превелике осцилације у квалитету, који зависи од услова гајења и апсорпције влаге, која компликује спољну примену. Употребу додатно ограничава нижа максимална температура прераде у поређењу са стакленим влакнима као и мања прекидна чврстоћа.

Ланена влакна

Ланена влакна међу најбољим су влакнима добијеним од биљака које расту у умереној клими. Иако им је историја култивације дуга 10 000 година, као саставни део модерних пластомernih композита користе се тек однедавно. Биљка лана састоји се од корена, стабљике и грана које носе капсуле са семеном. За израду ланених влакана погодан је само средишњи део стабљике, до 75% висине биљке. Влакна се одликују чврстоћом и флексибилношћу и slabим истезањем приликом напрезања. Ова су влакна еластична, али само за мала истезања. Ћелијски зид састоји се од целулозе (70-75%), хемицелулозе (15%), пектинске материје (10 - 15%), лигнина (2%) те воска (2%). До распада влакана долази при температурама изнад 200 ° С. Ланена влакна постојана су на разређене слабе киселине. Не подносе вруће разређене киселине, хладне концентрисане киселине, а на сунцу постепено губе чврстоћу. Ланена су влакна скупа због многих корака у производњи који захтевају људски рад. Користе се као ојачања за композите који изграђују производе високе вредности где је потребно поднети мало до средње оптерећење. Посебно су погодна за израду делова унутрашњости аутомобила, нпр. замењују стаклена влакна у композитима од којих су грађени унутрашњи панели врата, преградне полице, наслони, покров резервне гуме те остале унутрашње пресвлаке.

Влакна конопље

Конопља је врло занимљива биљка с Агрономског гледишта. За раст не захтева ништа или захтева врло мало хербицида, пестицида, фунгицида и ђубрива. Карактерише је брз раст, чиме сузбија раст корова. Корисна је биљка за ротацијску пољопривреду јер обнавља минерални састав тла. Зависно од врсте, 28 - 46% биљке користи се за добијање влакана. Влакна достижу дужину до 55 mm, постојана су на воду, одликују се добром прекидном чврстоћом. Ова влакна грубља су од ланених. Чвршћа су 20% од ланених влакана, али им је прекидно истезање мало. У аутомобилској индустрији саставни су део пресвлака.

Предности биљних у односу на стаклена влакна у аутомобилској индустрији

Кад се упореде са стакленим влакнима, биљна влакна одликују се многим предностима, која су вреднија јер се постижу без знатне промене или губитка механичких и акустичних својстава. Цена већине биљних влакана су ниже цене, од 25 до 50%, у односу на стаклена. Биљна влакна драстично снижавају масу уз задржавање механичких својстава композита. Најбољи пример је облога врата која, уз иста својства грађена од композита од биљних влакана има масу од 5 кг, док је она ојачана стакленим влакнима масе 9 кг. Због ниже густине, која никад није виша од $1,5 \text{ g/cm}^3$, компоненте су лакше и аутомобили грађени од њих троше мање горива. Биљна влакна показују већу безбедност у случају судара јер се не леме. Добри су акустични изолатори због шупље ћелијске структуре.

Из истог разлога су такви композити и добри топлотни изолатори. Биљна влакна лакше се режу и слабије су абразивна према опреми за прераду од стаклених влакана. За разлику од стаклених влакана не утичу негативно на здравље корисника, при чему се мисли на дерматолошке и респираторне проблеме. Будући да су пољопривредни производ, биљна влакна лако су добављива и доступна у целом свету. Производња није у сукобу с одрживим развојем и захтева мало енергије, око четири пута мање него за исту масу стаклених влакана.

Интересантан пример примене композитних материјала је аутомобил BMW Z1. Потенцијалне могућности примене композита за поједине структурне целине аутомобила су веома велике (сл. 11). Груба подела би била: делови шкољке, делови мотора и механички јако одговорни склопови и други делови.



Слика 11. BMW Z1

Делови шкољке

Велики број делова могу да се раде од композитних материјала као што су држач носача мотора, делови пода, врата, резервоар, блатобрани, маска, браници, поклопци мотора и пртљажника итд.

Прављење шкољке од композитних материјала у конструкцији тркачких аутомобила почиње од модела GT40 Ford из 1968. године. У почетку је рађена шкољка од композита, касније се развила конструкција која сједињује израду шкољке, држача мотора, резервоара и других делова, на тај начин су шкољка и шасија постале сједињене. TWR Jaguar XJR-6 (сл. 12) су прва спортска кола састављена од комбинације композита са угљеничним влакнима и са Кевларом.



Слика 12. TWR Jaguar XJR-6

Вршена су истраживања за могућност израде шасије аутомобила Ferrari 328 (сл. 13). Шасија направљена од алуминијума је, без врата и прозора, тежила 68 kg док је она направљена од челика тежила 99 kg.



Слика 13. Ferrari 328

Делови мотора

Међу деловима мотора који се израђују од композита, најчешће се појављују клипњача, клип, радилица, брегаста осовина, разне полуге, подизачи вентила итд.

Композитни клипови се углавном израђују од влакнима ојачаних алуминијумских легура или керамичких композита, који имају погодне термалне особине.

Код клипњача смањење тежине доводи до многих позитивних секундарних ефеката. Ти ефекти су: смањење напрезања, смањење лежајева, снижавању вибрација, буке, смањење замајца итд. Напрезање клипњаче је аксијалног типа. У критичним пресецима клипњаче је углавном оптерећена једноосно и нормално на попречни пресек. Најефикаснији начин за ојачање материјала је распоред влакана паралелно са распоредом напона.

При развоју клипњаче за тркачке аутомобиле примењиване су легуре алуминијума и магнезијума ојачаних алумина влакнима, која могу да се аранжирају техником намотавања са одређеним запреминским уделом влакана.

Механички јако одговорни склопови и делови

У овој групи се налазе: лиснате опруге, полуосовине, спиралне опруге, карданске осовине, осцилирајућа рамена, споне, тело амортизера, спојнице итд. Од највеће важности код ових материјала су њихове механичке особине. Најпогодније је користити композите са угљеничним влакнима, због њихове специфичне крутости и велике јачине.

Изучавају се и могућности примене хибридних композита, као што су композити ојачани стакленим влакнима са малом количином додатних карбонских влакана за појачавање крутости. Пример је замена дводелног задњег дела челичног карданског вратила једноделним карбон/стакло композитним вратилом.

До недавно стандардни материјали који су коришћени су челик и алуминијум и они су диктирали ограничења на динамичке перформансе вратила. Са појавом композита ојачаних угљеничним влакнима отворене су нове конструктивне могућности, али на жалост те могућности су постигнуте на рачун повећања цене, смањеног века трајања и утицаја на околину.

Погонско вратило направљено од угљенично влакно – епокси смола композита, развијено за примене у авио индустрији, показало је изразите предности у перформансама. Међутим, показали су се врло скупим и неконкурентним за масовну производњу у аутомобилској индустрији. Средњи прилаз је био да се алуминијумско погонско вратило обложи угљенична влакна – епокси смола композитом. Овом комбинацијом се показало да може да се постигне жељена критична брзина и прихватљива цена.

5.Закључак

Улога коју савремени композитни материјали имају је неоспорна. Њиховом применом ваздухоплови, бродови, аутомобили су постали безбеднији, бржи, можда скупљи за израду али јевтинији у експлоатацији. Страна искуства показују да је неопходна аутоматизација процеса израде ако се жели добити јевтинија а квалитетнија композитна структура. Садашње и нове генерације пројектаната прилагодиће се филозофији пројектовања композитних савремених структура. Даљи развој аутоматизације и роботизације ће примену композитних материјала раширити и на друге гране.

6. Литература

- 1) Leslie N Philips, Design with Advanced Composite Materials, 1995.
- 2) <http://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0>, 1.06.2015
- 3) <http://www.planeta.rs/49/10aeronautika.htm>, 1.06.2015
- 4) Зоран Васић, дипл. инж. Војнотехнички Институт, Београд, Проф. др Златко Петровић, дипл. инж. Машински факултет, Београд, Савремени композитни материјали у пројектовању и производњи ваздухопловних конструкција, 1.06.2015
- 5) Др Драган Милосављевић, Влакнима ојачани композити у индустрији моторних возила – могућности и ограничења, Прво Југословенско саветовање о композитним материјалима, Крагујевац, 15.05.1995.
- 6) Goran MILARDOVIĆ, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, 1.07.2015
- 7) http://www.vibilia.rs/srpski/izvestaj/0401/velebit-kompozitni-mat_agm27_021105.pdf, 1.07.2015