

SUMMARY

This thesis gave an overview of composite materials and the experimental possibilities for evaluating the composite material's mechanical properties. In the theoretical part, main sources of information about composites and their properties were taken from different technical books about composite materials. Although, different types of composite materials exist, the main focus in this thesis was on the FRP composites, because they tend to have the most anisotropic properties and therefore are the most difficult ones to acquire precise properties.

EVS web catalogue was browsed to find suitable test standards for experimental evaluation of composite materials. There was altogether 3 different test standards, one for tensile test, one for shear test and one for compressive test. It turned out that all of the in-plane properties of a FRP can be acquired from these three tests. For tensile tests and shear tests there exist multiple different test specimen shapes. Most common shapes of test specimens are rectangular ones, which are the easiest to manufacture, but require tabs at the ends to avoid damaging the test specimen while clamping to the test bench. The ones shaped like a "bone" can also be used, often without end tabs, given the failure of the test specimen happens in the narrow part. There is also a little difference between tensile test specimen oriented along the longitudinal axis and transverse axis of the material or laminate.

Initially, the use of the Aramis system was at question because it requires calibration before each series of testing and painting of the test specimens. However, it was ultimately deemed worthwhile due to the simplicity, accuracy and capability of the subsequent testing steps. The recordings can be rewatched frame-by-frame and prewritten scripts calculate all material properties that can from the given test. This system eliminates the need for physical extensometers, which can sometimes be quite undesirable to attach to the test specimens.

A methodology for determining the in-plane mechanical properties was put together based mainly on three different ISO test standards for three types of tests. Depending on the material or laminate being tested, 2 – 5 series of 5 test specimens have to be tested to obtain the in-plane mechanical properties. The number of test specimens depend on if the material or laminate being tested is orthotropic, transversely isotropic or quasi-isotropic. A step-by-step guide was put together that can be used if the in-plane properties of a composite material have to be obtained. The testing methodology was also performed on the CFRP composite material used by the Formula Student Team Tallinn.

A testing methodology for assessing 3D mechanical properties was not achieved. There does not exist many straightforward test standards to determine the out-of-plane mechanical properties of composite materials. Although many computer analyzes can be performed using only in-plane properties, for more complex analyzes the out-of-plane properties are also crucial. Therefore, a testing methodology that can determine the out-of-plane properties is left for further development.

KOKKUVÕTE

Käesolev töö andis ülevaate komposiitmaterjalidest ning eksperimentaalsetest meetoditest nende mehaaniliste omaduste hindamiseks. Töö teoreetilises osas võeti enamus andmeid erinevatest komposiitmaterjale kirjeldavatest raamatutest. Olenemata sellest, et komposiitmaterjale on erinevat tüüpi, on antud töös põhirõhk kiudsarrustatud komposiitidel, sest seda tüüpi komposiitmaterjalidel esineb kõige tihedamalt anisotroopseid omadusi ning nende mehaaniliste omaduste hindamine on kõige keerukam.

Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskuse veebikataloogist otsiti välja sobilikud testimise standardid komposiitmaterjalide jaoks. Kokku valiti kolm erinevat standardit, üks tõmbekatse jaoks, teine nihkekatses jaoks ning kolmas survekatse jaoks. Selgus, et kõik vajalikud tasapinnalised mehaanilised omadused on võimalik nende katsetega ära määrata. Tõmbe- ja nihkekatses jaoks on ära defineeritud mitmeid katsekehade kujusid ja suurusid, millest kõige enam levinud on ristküliku kujulised katsekehad. Ristküliku kujulisi katsekehi on kõige lihtsam toota, kuid need vajavad lisatükke otstesse, et vältida katsekeha purunemist katsemasinasse kinnitamisel. Samuti on kasutusel "kondi" kujulisi katsekehi, mida kasutatakse tihti ilma otsatükkideta. Viimaste katsekehade puhul tuleb katsetades veenduda, et purunemine toimuks katsekeha kõige kitsamast kohast. Esineb ka erinevusi katsekehadel, mis on mõeldud kasutamaks pikikiudu katsekehadel, ning ristikiudu katsekehadel.

Algselt oli Aramise süsteemi kasutamine küsimärgi all, kuna see vajab kalibreerimist enne igat katsetamist korda ning samuti tuleb katsekehadel sobilik muster peale värvida. Töö käigus selgitati välja, et kuna Aramise süsteem teeb materjalide omaduste leidmise palju lihtsamaks, kiiremaks ja täpsemaks katse sooritamise järgselt, on Aramise süsteemi kasutamine igati õigustatud. Näiteks, saab katset salvestuselt järgi vaadata kaader kaadri haaval, et määrata täpne purunemise koht ja põhjus. Samuti pole vajadust füüsilistele ekstensiomeetritele, katsekehale saab lisada ekstensiomeetrid virtuaalselt ning igas võimalikus pikkuses ja sihis.

Töö raames pandi kokku meetodika komposiitmaterjalide katsetamiseks, mis põhines peamiselt kolmel ISO testimise standardil. Olenevalt materjalist või laminaadist, 2-5 erinevat katsekehadeseeriat 5 katsekehaga on vajalikud, et saada teada kõik tasapinnalised mehaanilised omadused. Katsekehade arv sõltub sellest, kas testitav materjal või laminaat on ortotroopne, transversiaalselt isotroopne või kvaasiisotroopne. Meetodikast tehti ka juhend, kus on välja toodud kõik vajalik, et materjalid saaks TalTech'i Mehaanika ja Metroloogia Katselaboris ära testida.

Metoodikat valideeriti ka Tudengivormeli poolt kasutatava süsinikkiud-kanga testimisega.

Katsemetoodikast jäi välja materjali 3D, ehk tasapinna väliste, omaduste katsetamine. Seda just seetõttu, et komposiitmaterjalide nende omaduste katsetamiseks ei ole piisavalt katsetamise standardeid, mida saaks hästi rakendada. Olenemata sellest, et palju lõpliku elemendi meetodi analüüse saab komposiitmaterjalide puhul teha tasapinnaliste omadustega, on keerulisemate detailide analüüsimisel vaja ka tasapinnaväliseid omadusi. Seega jääb tasapinnavälise omaduste katselisel teel saamine edasiseks arenduseks.