

OBJEKTA IZTURĪBA SPIEDĒ ATKARĪBĀ NO UZBŪVES STRUKTŪRAS *OBJECTS DURABILITY UNDER PRESSURE DEPENDING ON BUILD STRUCTURE*

Autori: **Elmārs Aloizs SKABS, Arturs LIPSKIS, Ritvars RĒVALDS,**
Elvijs POPLAVSKIS
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne, LV-4601
Darba vadītājs: **Dainis KĻAVIŅŠ, Dainis.Klavins@rta.lv**

Atslēgvārdi: 3D printēšana, spiede, stiprības pārbaude, mehānika, fizika

Ievads

Būvniecībā ir svarīga konstrukciju un materiālu izturība. Vēl viena svarīga īpašība ir svara un izturības attiecība. Ja izdodas izveidot izturīgu konstrukciju izmantojot vieglāku konstrukciju, jo labāk. Tāpēc ir svarīgi zināt kāda materiāla struktūras uzbūve ir visizturīgākā spiedes spēka ietekmē. Izmantojot strukturētu uzbūvi nevis pildītu uzbūvi, var ietaupīt uz materiālu, jo tādā veidā nav vajadzīgs izmantot tik daudz materiāla. Piemēram, aeronautikā un kosmosa kuģu būvē no materiāla un uzbūve struktūras veids ir ļoti svarīgs. Lai konstrukcija svērtu pēc iespējas mazāk un spētu izturēt lielas slodzes.

Daudzi objekti ir būvēti tā, lai tiem būtu ģeometriskas formas. (debesskrāpim ir augsta, šaura taisnstūrveida forma). Katrai ģeometriskajai formai ir savas priekšrocības un trūkumi, kuras tiek ņemtas vērā, kad tiek projektēts kāds objekts vai būve. Struktūras izturība ir spēja saglabāt savu sākotnējo formu un integritāti, kad objektam tiek pielikta slodze. Tāpēc vairumam māju ir A – formas rāmis, kurš nodrošina stingrību.

Konstrukcijās bieži tiek izmantotas arī trīsstūra formas. Trīsstūris ir efektīvs arhitektūras trumpis, tas tiek izmantots būvju projektēšanā un citās struktūrās, kur vajadzīga izturība un stabilitāte. Kad izejmateriāli tiek izmantoti, lai izveidotu trīsstūri, tam ir smaga pamatne un trīsstūra spice, kura atrodas augšā, ir spējīga izturēt lielu slodzi, jo trīsstūrī enerģija izplatās caur visu trīsstūri. Trīsstūrī visvājākās punkti ir savienojuma vietas. Tātad, ja spēks ir pielikts uz trīsstūris, tad vistīcāmāk deformācijas notiks savienojumu vietās un tā iespaidā varētu tikt deformētas arī pārējās konstrukcijas daļas.

Pētījuma mērķis ir noskaidrot, kurš no struktūras uzbūves veidiem spēj izturēt vislielāko spiedes spēka slodzi.

Materiāls un metodes

Pētījumā, izmantojot 3d printeri un ABS filamentu, tika printētas vienāda izmēra sagataves (30mm x 30mm x 12mm), taču ar dažādām uzbūves struktūras pildījumiem (zvaigzne, trīsstūris, taisnstūris, sešstūris u.c) Tad sagataves tika ievietotas spiedes mašīnā, lai pārbaudītu to mehānisko izturību.

Piemēram, lidmašīnu un kosmosa kuģu ražošanā konstrukcijai ir jābūt vieglai, lai spētu nodrošināt optimālus aerodinamikas parametrus. Konstrukcijai arī jābūt izturīgai, lai nodrošinātu pilotu un pasažieru drošību, kā arī, lai izturētu fiziskās slodzes lidojuma laikā. Lidmašīnu un kosmosa kuģu būvniecībā visbiežāk izmanto sešstūra formas konstrukcijas. Piemēram, pārgriežot lidmašīnas spārnu šķērsgrīzumā varētu redzēt sešstūra formas (bišu šūnas) struktūru. Struktūra atļauj izmantot mazāk materiāla un nodrošina izturību un mazāku konstrukcijas svaru.

1. tabulā ir apkopoti pētījuma rezultāti. Kategorijā ar 20% aizpildījumu visizturīgākā bija sagatave ar zvaigznes struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 11300N. Vidējais maksimālais spēks sasniedza 11066 N lielu spēku. Grafiku aplūkot attēlā 2.0 Otra izturīgākā bija sagatave ar režģa struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 10200N liels spēks. Vidējais maksimālais spēks sasniedza

9486N. Grafiku aplūkot 2.1. attēlā. Trešā izturīgākā sagatave bija ar sešstūra struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 8910N liels spēks. Vidējais maksimālais spēks no trim mēģinājumiem sasniedza 8736N lielu spēku. Grafiku aplūkot 2.3. attēlā. Trīsstūra konstrukcijas maksimālais sasniedzamais spēks bija 7560N. Vidējais maksimālais spēks no trim mēģinājumiem bija 7400N. Tad pēc izturības vājākas struktūras sekoja – taisnstūris, astoņstūris, kubs un koncentriskie apli.

Tālāk 3 visizturīgākas uzbūves struktūras tika testētas ar 35% aizpildījumu. Šajā kategorijā visizturīgākā bija sešstūra struktūra, kuras maksimālais spēks sasniedza 29900N. Vidējais maksimālais spēks vienāds ar 29200N. Tam sekoja zvaigznes struktūra ar maksimālo sasniedzamo spēku 22800N. Vidējais maksimālais spēks vienāds ar 22433N. Visvājākā no šīm trim struktūrām bija režģis, kuras maksimālais sasniegtais spēks bija 21800N. Vidējais maksimālais spēks 21600N.

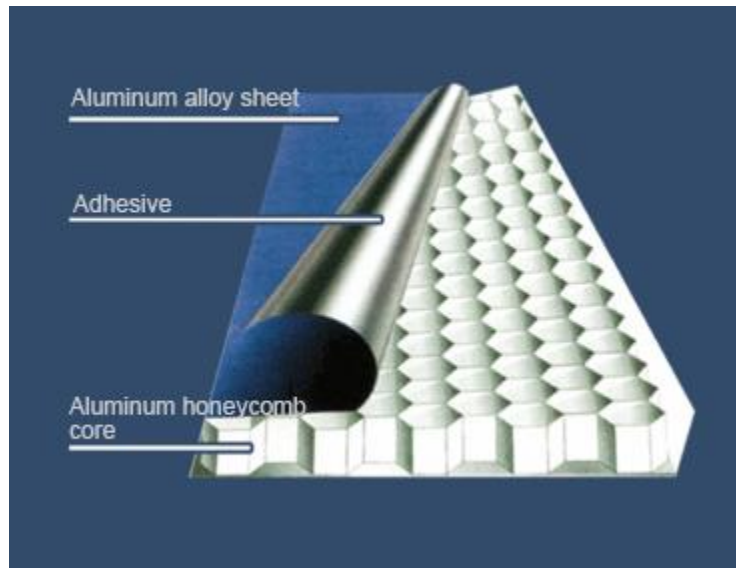
Kā redzams sešstūra uzbūves struktūrai palielinot pildījumu, izturība pamatīgi tika palielināta. Pie 20% pildījuma tā vidēji spēja izturēt 8736N, pie 35% 29200N. Taču zvaigznes struktūra pie 20% vidēji spēja izturēt 11066N, kas ir vairāk nekā sešstūrim, bet pie 35% 22433N.

Sešstūra struktūra kombinēta ar divām loksnes, kuras tiek pievienotas struktūrai veido izcilus sendvičveida paneļus. Uzbūvi skatīt 1.0. attēlā. Divas paralēlās loksnes nodrošina materiāla nelocīsānos un stingrību. Tie ir ļoti izturīgi un sver ļoti maz. Sešstūra struktūras vislielākais trumpis ir spiedes spēka izturība. Tā kā sešstūri ir novietoti viens pie otra kā bišu šūnas, katra sieniņa atbalsta viena otru. Sešstūru struktūra ir ļoti bieži sastopama dabā: augos, dzīvnieku un cilvēku šūnās. Neviena no citām formām nespēj nodrošināt tik optimālu un stabilu iedarbību uz slodzēm. Būvniecība sešstūra formas struktūru izmanto, jo tai ir šādas īpašības: atkārtoti izmantojams un pārstrādājams, mazs svars, ilgs kalpošanas laiks, liela izturība pret spiedes spēkiem, plašs izmantošanas loks, var ražot dažādas formas. Šāda veida sendvičpaneli ir izturīgāki un izdevīgāki nekā parasti oglekļšķiedras loksnes. Šāva veida paneli parasti tiek ražoti ar presēšanas tehnoloģiju. Lielas, plānas metāla loksnes tiek sakrautas viena uz otras un ievietotas karstā presē. Par spīti labajām mehāniskajām īpašībām un relatīvi mazajai cenai, šīs alumīnija konstrukcijas nevajadzētu izmantot noteiktos ekspluatācijas apstākļos. Piemēram, lielām konstrukcijām, kuras tiktu izmantotas atklātā jūrā. Jo salsūdens iespaidā ir potenciāli korozijas draudi. Šādos gadījumos ir jānodrošina, ka materiāls tieši nesaskaras ar jūras sāļo ūdeni, kura dēļ rodas korozija. Šai konstrukcijai ir arī cits trūkums, ja, piemēram, konstrukcijā ietiecas kāds objekts un ir noticis bojājums, konstrukcija neatgūst atpakaļ savu formu.[2]

Otrā pasaules kara laikā, sešstūra formas kartons konstrukcija tika izmantota priekš amerikāņu lidmašīnu degvielas bāku izstrādes. Cietu materiālu trūkuma dēļ, piemēram, kā koksne, sešstūra konstrukcija bija labāks un lētāks risinājums. Mūsdienās šī sešstūra struktūra tiek izmantota dažādās ražošanas nozarēs. Šveicē un Vācijā, kartona sešstūra konstrukcijas ir kļuvušas par svarīgu būvniecības materiālu.[1]

Sešstūra formas struktūru izmanto arī militārajām vajadzībām. Ir radītas riepas, kuras izmanto šāda veida konstrukciju. Riepas netiek piepildītas ar gaisu. Kaujas laikā vislielākais mīnuss riepām ar kamerām ir tāds, ka tās parasti tiek pāršautas un transportlīdzeklis tiem imobilizēts, līdz brīdim, kad netiek uzstādīta jauna riepa. Sešstūra struktūra tika izmantota savas izturības un braukšanas komforta dēļ. Šāda veida riepai ir vēl dažās priekšrocības, braukšanas laikā tās rada mazāku trokšņa līmeni un tās uzkarst daudz mazāk nekā parastās riepas. Riepa ir ražota no gumijota materiāla, kura nodrošina amortizētu braucienu un labu saķeri. Riepa ir pietiekami mīksta, lai viegli spētu pārvarēt šķēršļus, tā viegli deformējas un atgriežas savā iepriekšējā stāvoklī. [3]

Sešstūra formas, kuras var redzēt bišu kārēs, jau gadsimtiem ir piesaistījušas cilvēku uzmanību.

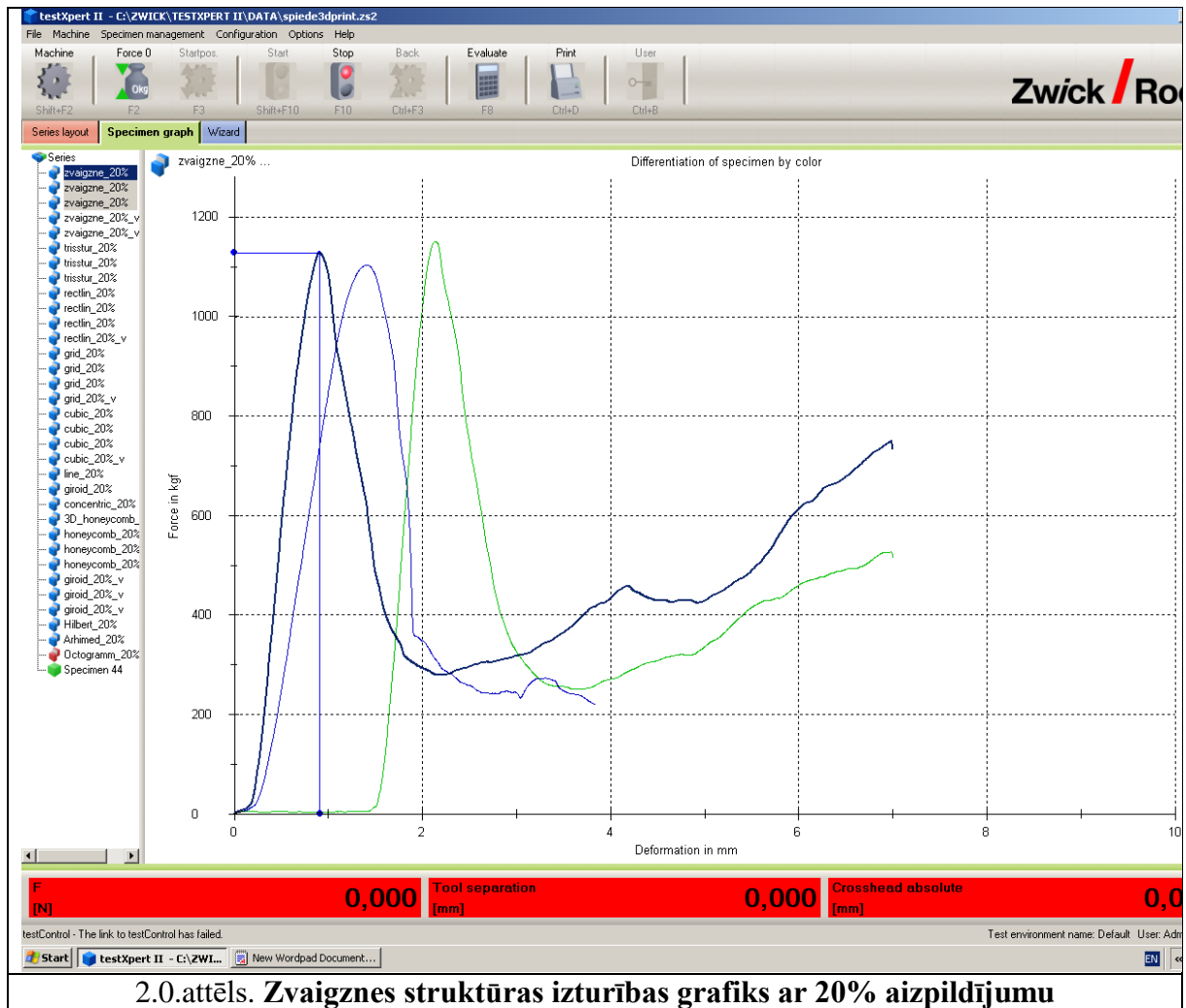


1.attēls. Sendvičpaneļa uzbūve [4]

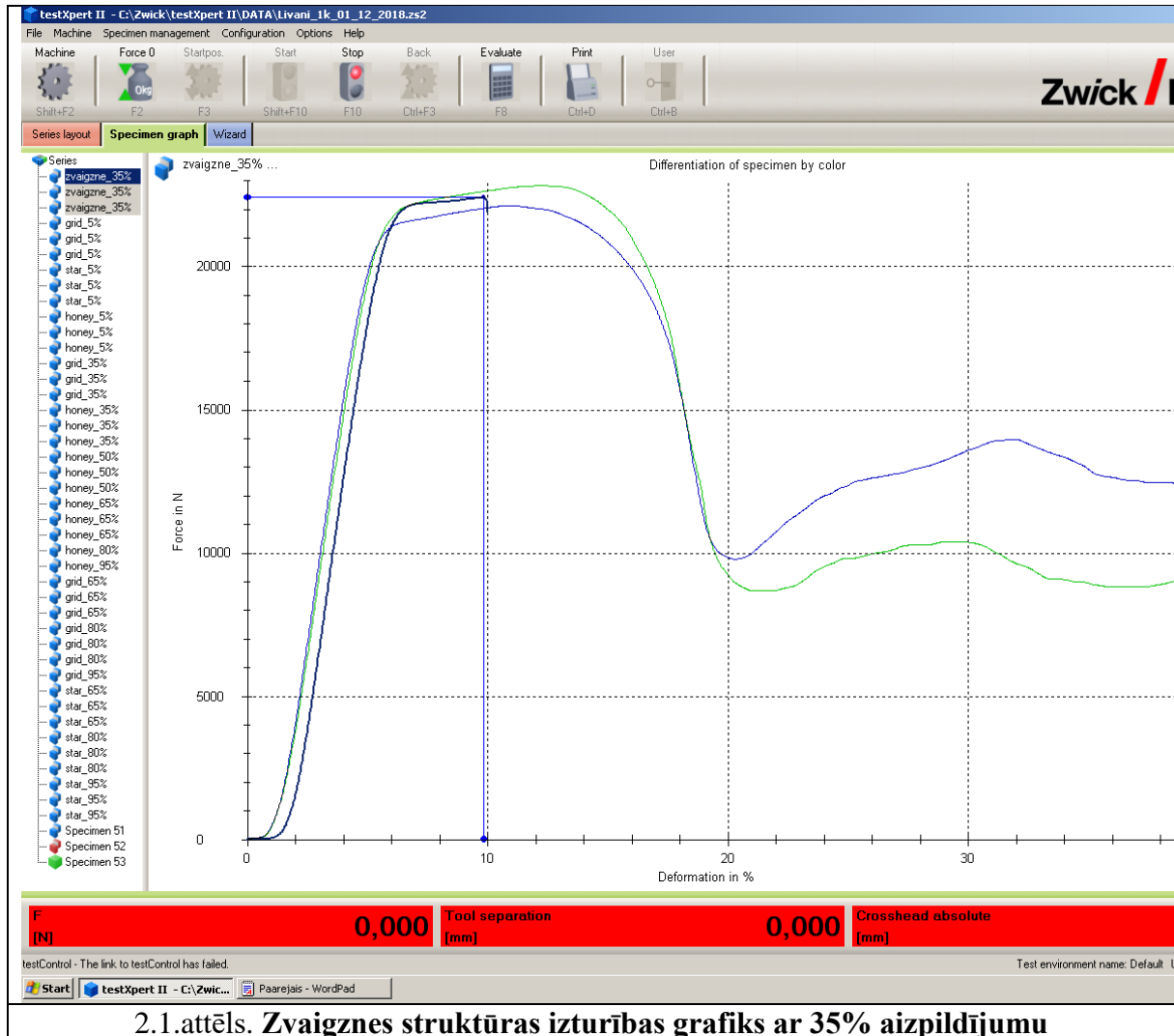
1.tabula

Struktūru testa rezultāti spiedes spēka iedarbībā

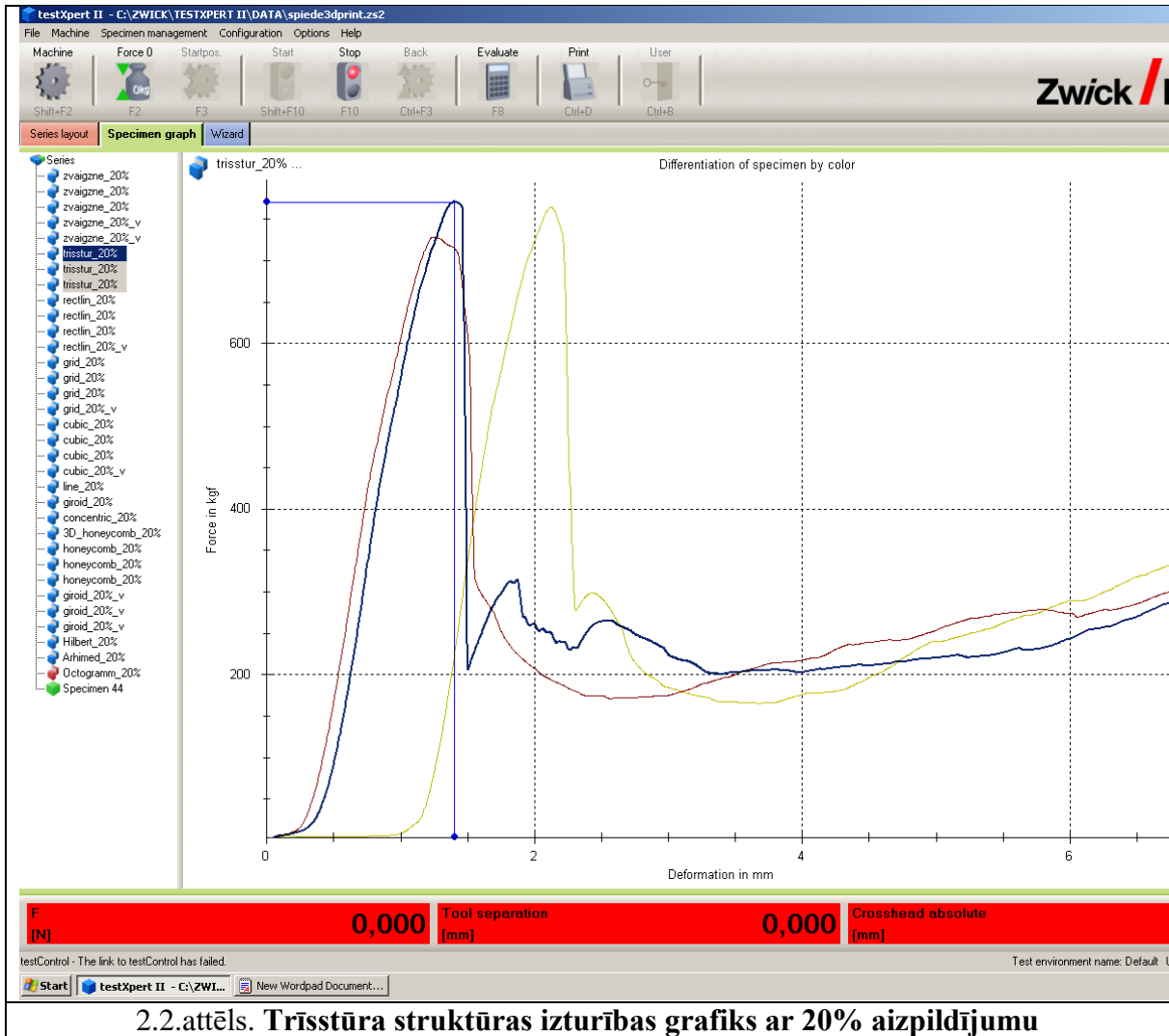
Struktūras veids	Fmax, N	F vidējais, N	Aizpildījums, %
Zvaigzne	11100	11066	20
Zvaigzne	10800		20
Zvaigzne	11300		20
Trīsstūris	7560	7400	20
Trīsstūris	7500		20
Trīsstūris	7140		20
Taisnstūris	6740	6543	20
Taisnstūris	6240		20
Taisnstūris	6650		20
Režģis	9290	9486	20
Režģis	8970		20
Režģis	10200		20
Kubs	5190	5400	20
Kubs	5350		20
Kubs	5660		20
Koncentriski apļi	3690	-	20
Sešstūris	8660	8736	20
Sešstūris	8640		20
Sešstūris	8910		20
Astoņstūris	6180	-	20
Izturīgāko struktūru testa ar 35% aizpildījumu rezultāti			
Zvaigzne	22400	22433	35
Zvaigzne	22800		35
Zvaigzne	22100		35
Režģis	21800	21600	35
Režģis	21300		35
Režģis	21700		35
Sešstūris	29900	29200	35
Sešstūris	28800		35
Sešstūris	28900		35

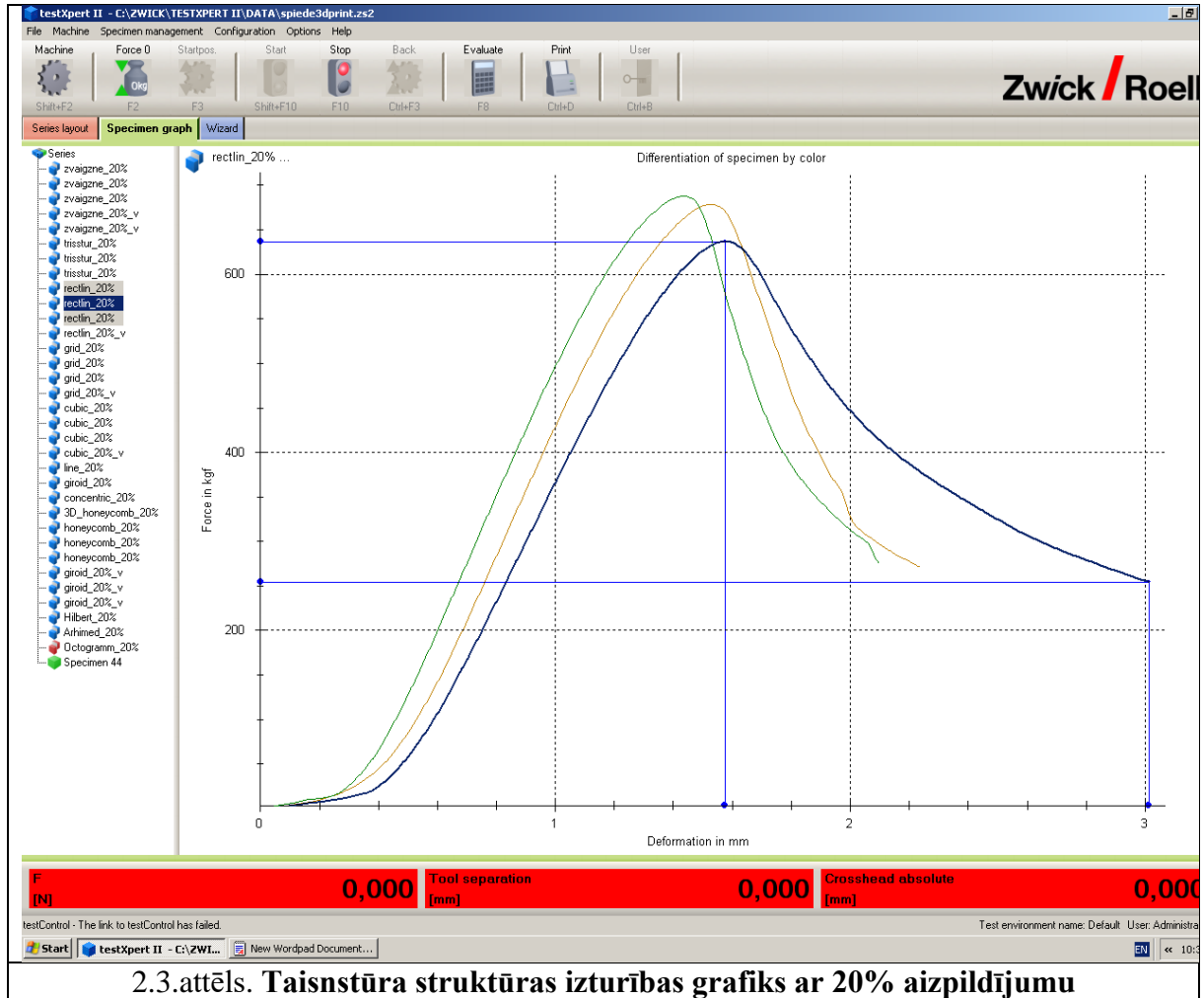


2.0.attēls. Zvaigznes struktūras izturības grafiks ar 20% aizpildījumu

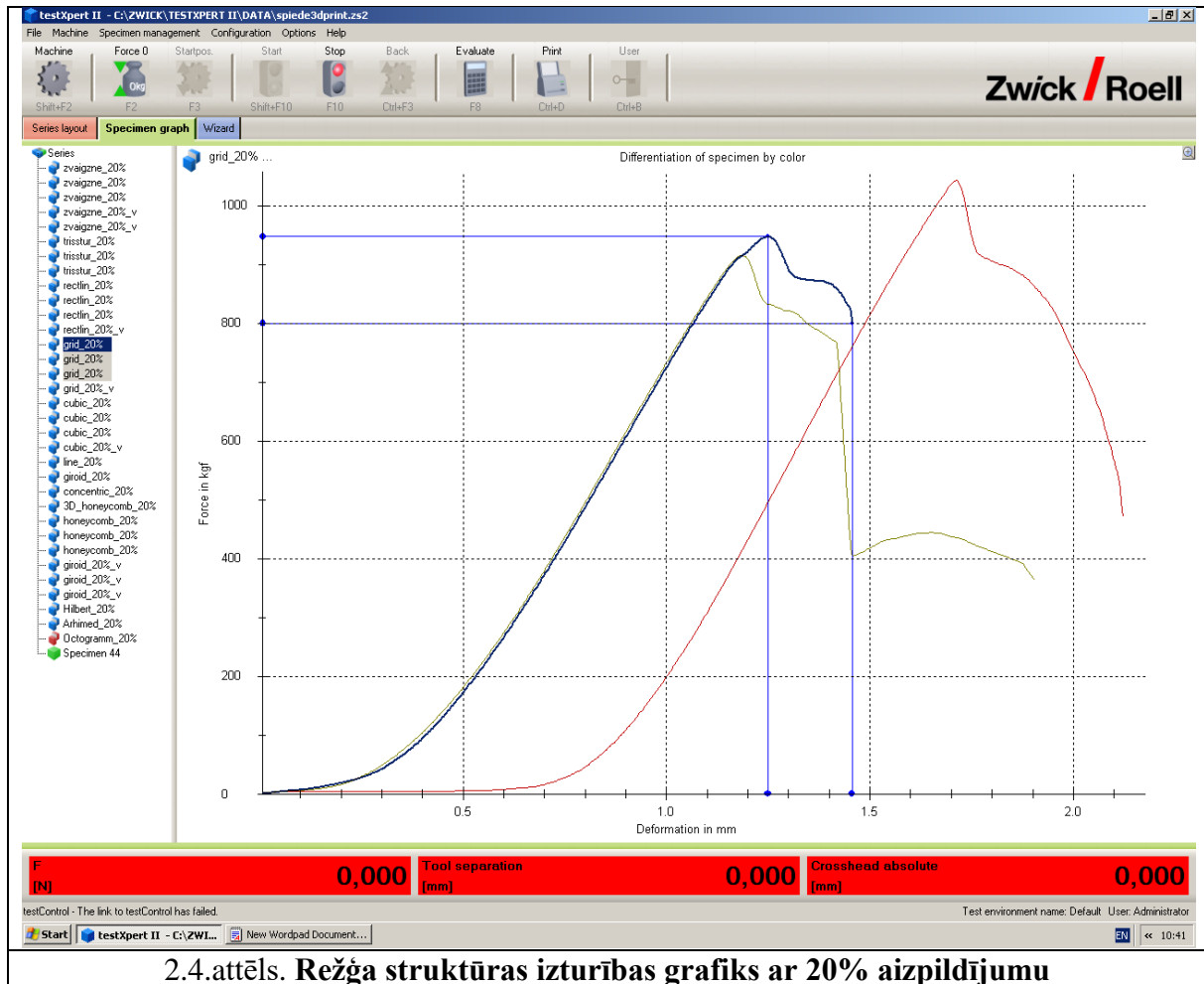


2.1.attēls. Zvaigznes struktūras izturības grafiks ar 35% aizpildījumu

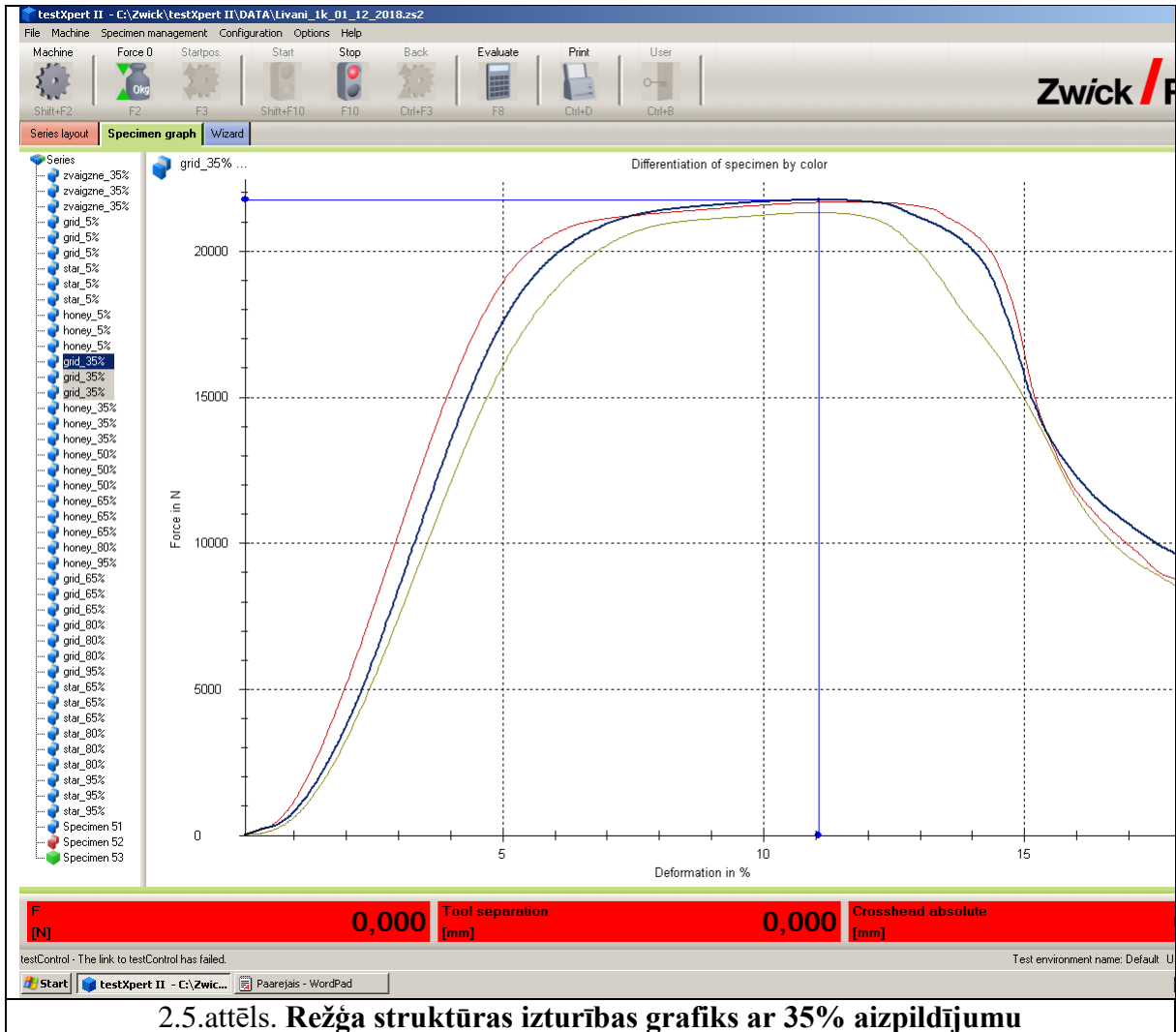




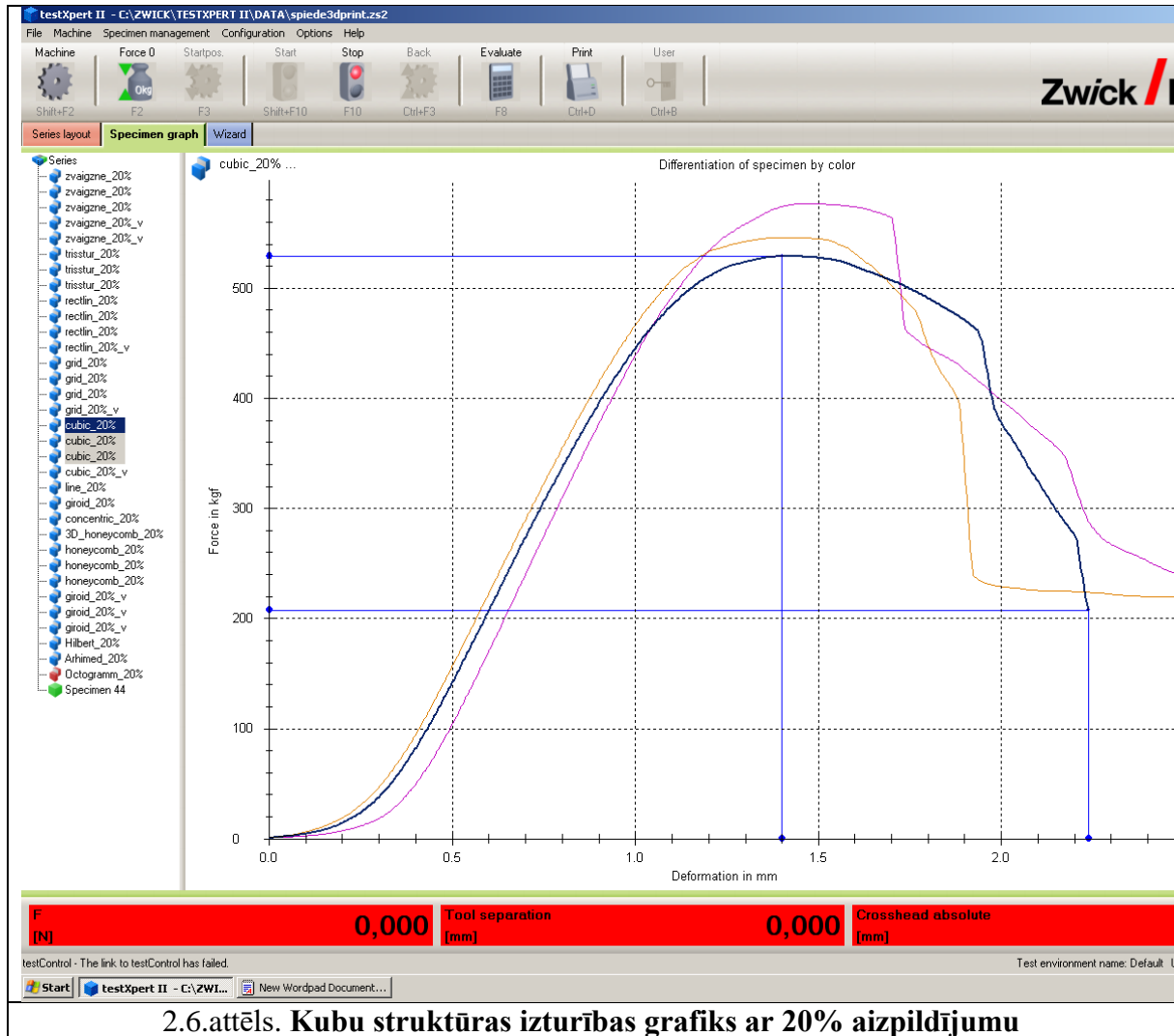
2.3.attēls. Taisnstūra struktūras izturības grafiks ar 20% aizpildījumu



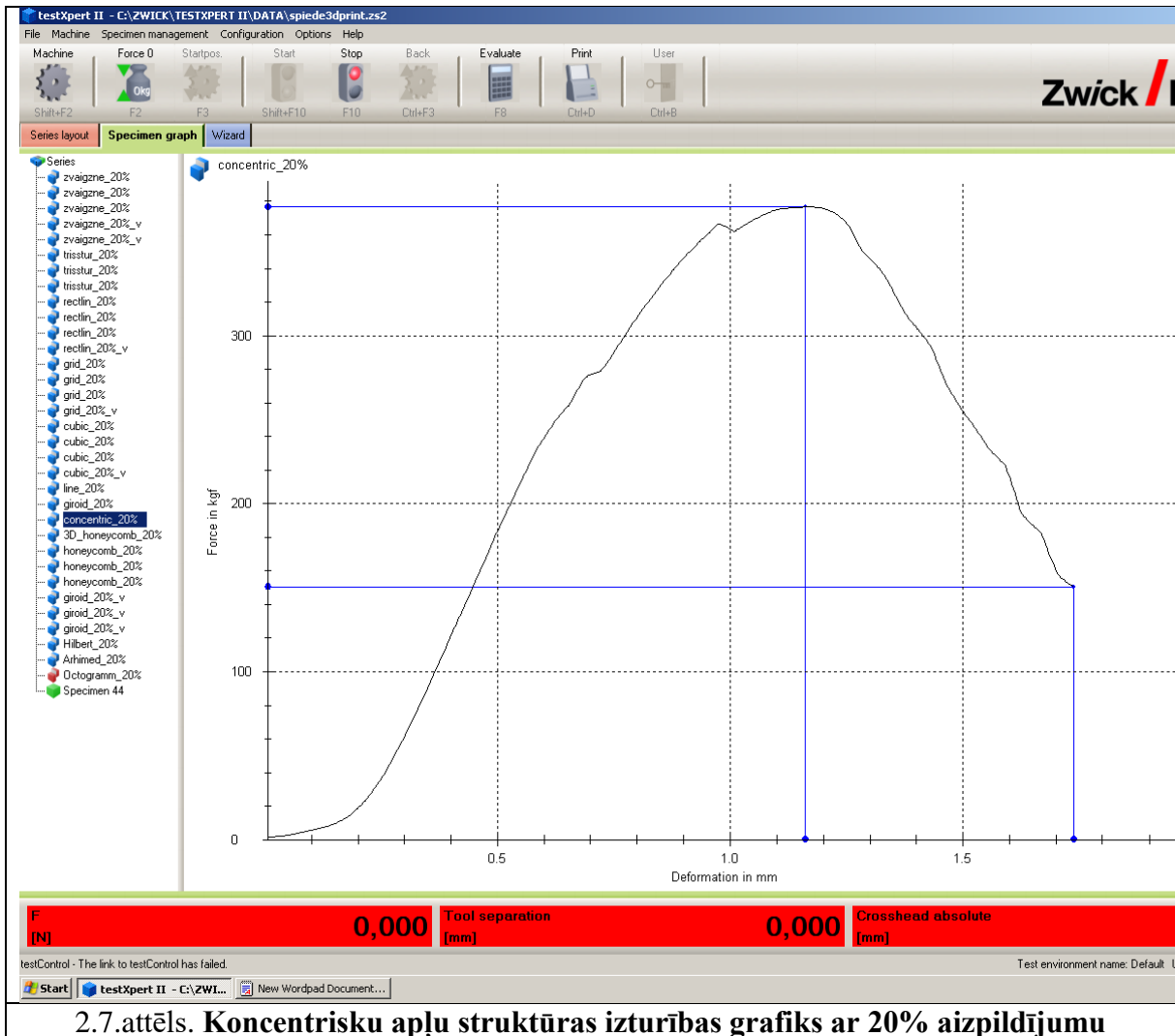
2.4.attēls. Režģa struktūras izturības grafiks ar 20% aizpildījumu



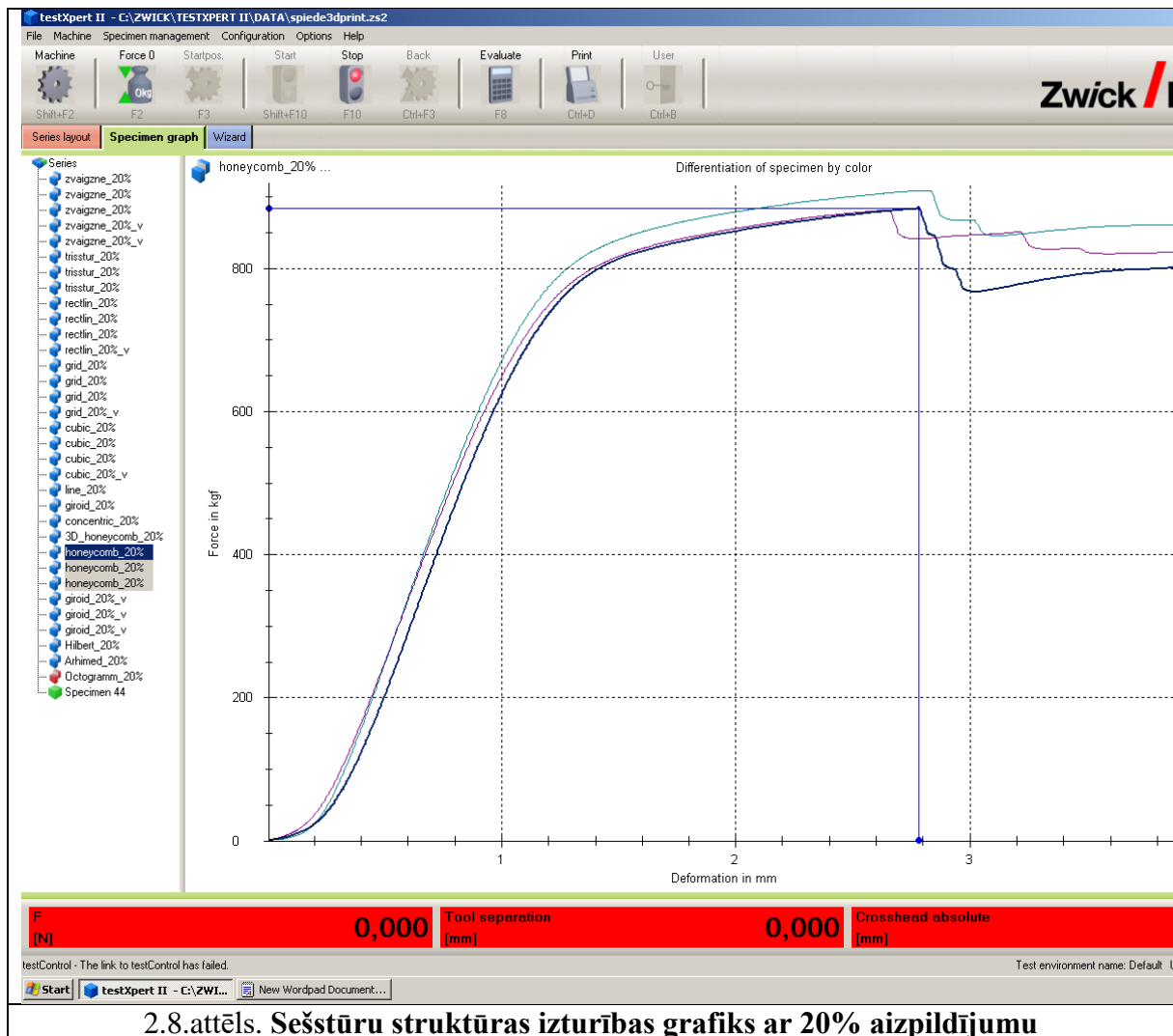
2.5.attēls. Režģa struktūras izturības grafiks ar 35% aizpildījumu



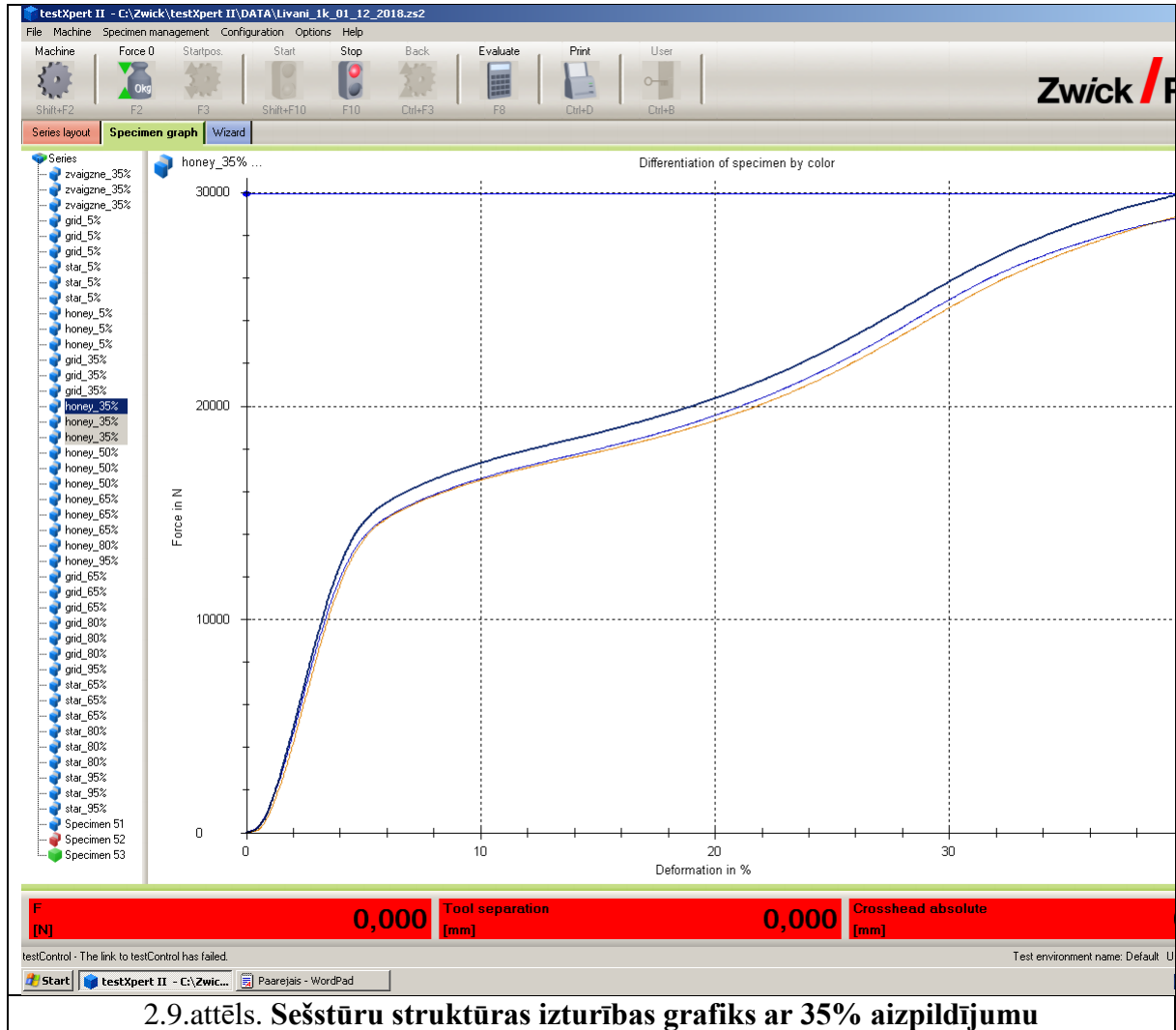
2.6.attēls. Kubu struktūras izturības grafiks ar 20% aizpildījumu



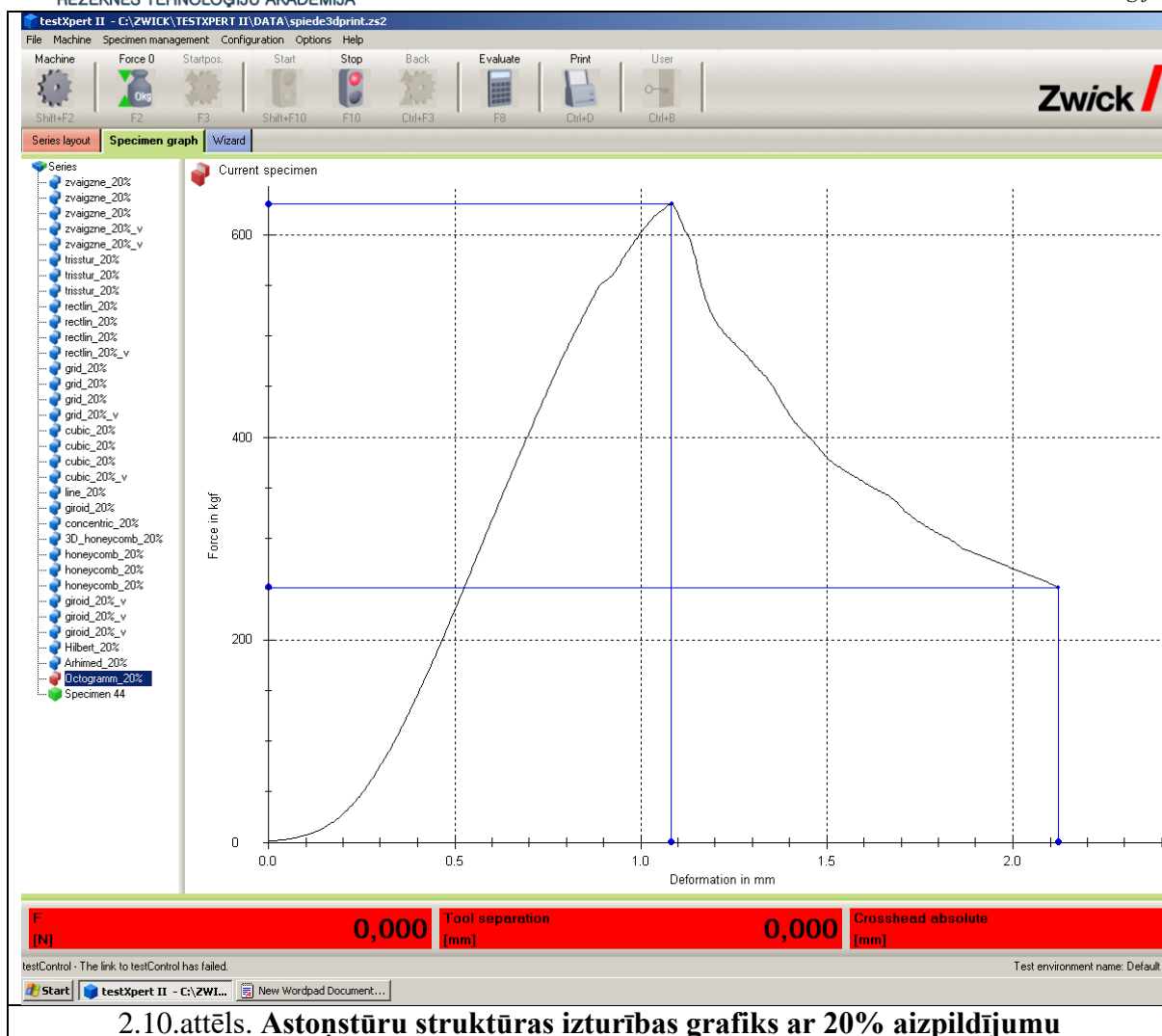
2.7.attēls. Koncentrisku aplū struktūras izturības grafiks ar 20% aizpildījumu



2.8.attēls. Sešstūru struktūras izturības grafiks ar 20% aizpildījumu



2.9.attēls. Sešstūru struktūras izturības grafiks ar 35% aizpildījumu



2.10.attēls. Astoņstūru struktūras izturības grafiks ar 20% aizpildījumu

Secinājumi

1. Kategorijā ar 20% aizpildījumu visizturīgākā bija sagatave ar zvaigznes struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 11300N. Vidējais maksimālais spēks sasniedza 11066 N lielu spēku. Grafiku aplūkot 2.0. attēlā. Otrā izturīgākā bija sagatave ar režģa struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 10200N liels spēks. Vidējais maksimālais spēks sasniedza 9486N. Grafiku aplūkot 2.1. attēlā. Trešā izturīgākā sagatave bija ar sešstūra struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 8910N liels spēks. Vidējais maksimālais spēks no trim mēģinājumiem sasniedza 8736N lielu spēku. Grafiku aplūkot 2.3. attēlā.
2. Kategorijā ar 35% aizpildījumu visizturīgākā bija sešstūra struktūra, kuras maksimālais spēks sasniedza 29900N. Vidējais maksimālais spēks vienāds ar 29200N. Tam sekoja zvaigznes struktūra ar maksimālo sasniedzamo spēku 22800N. Vidējais maksimālais spēks vienāds ar 22433N. Visvājākā no šīm trim struktūrām bija režģis, kuras maksimālais sasniegtais spēks bija 21800N. Vidējais maksimālais spēks 21600N.
3. Kā redzams, sešstūra uzbūves struktūrai palielinot pildījumu, izturība pamatīgi tika palielināta. Pie 20% pildījuma tā vidēji spēja izturēt 8736N, pie 35% 29200N. Taču zvaigznes struktūra pie 20% vidēji spēja izturēt 11066N, kas ir vairāk nekā sešstūrim, bet pie 35% 22433N.

Kopsavilkums

Pētījumā, izmantojot 3d printeri, tika printētas vienāda izmēra sagataves (30 mm x 30 mm x 12 mm), taču ar dažādām uzbūves struktūras pildījumiem (zvaigzne, trīsstūris, taisnstūris, sešstūris u.c) Tad sagataves tika ievietotas spiedes mašīnā, lai pārbaudītu to mehānisko izturību.

Pētījuma mērķis ir noskaidrot, kurš no struktūras uzbūves veidiem ir visizturīgākais zem spiedes mehāniskas ietekmes uz sagatavi.

Tika izmantotas šādas uzbūves struktūras – Zvaigzne, trīsstūris, taisnstūris, režģis, kubs, koncentriski aplī, sešstūris un astoņstūris. Pētījuma tika noskaidrots maksimālais spēka daudzums ņūtonos, kuru sagatave spēja izturēt. Kategorijā ar 20% aizpildījumu visizturīgākā bija sagatave ar zvaigznes struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 11300N. Vidējais maksimālais spēks sasniedza 11066 N lielu spēku. Otra izturīgākā bija sagatave ar režģa struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 10200N liels spēks. Vidējais maksimālais spēks sasniedza 9486N. Trešā izturīgākā sagatave bija ar sešstūra struktūras uzbūvi. No trim mēģinājumiem vislielākais sasniedzamais spēks bija 8910N liels spēks. Vidējais maksimālais spēks no trim mēģinājumiem sasniedza 8736N lielu spēku.

Izmantotie literatūras avoti

1. <http://www.ficuspax.com/what-is-honeycomb.php>
2. <https://continentalsteel.com/blog/aluminum-honeycomb/>
3. <https://www.motor1.com/news/12355/honeycomb-tire-of-the-future/>
4. <http://www.aluwell.cn/a/PRODUCTS/chanpin1/2017/0325/7.html>