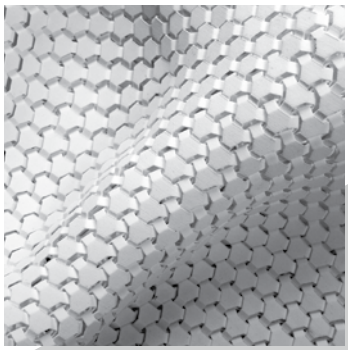
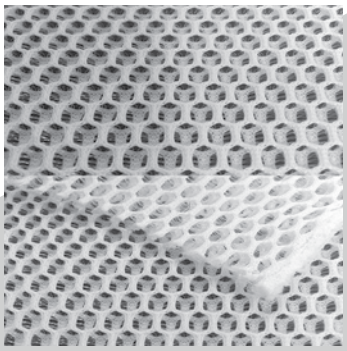
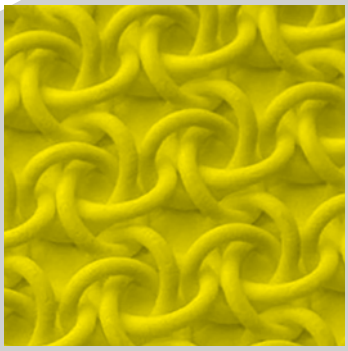
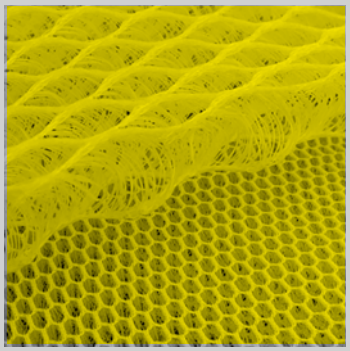
ТЕКСТИЛ И ОБЛЕКЛО

2
2022
година
LXXIV
от 1949 г.

TEXTILE AND GARMENT MAGAZINE

open access

НТС
ПО ТЕКСТИЛ,
ОБЛЕКЛО
И КОЖИ
www.tok.fnts.bg

ISSN 1310-912X (Print)
ISSN 2603-302X (Online)
www.bgtextilepublisher.org
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2022.0002

ЗА ВАШАТА ПОЧИВКА

УС на ФНТС предлага на вашето внимание възможности за почивка в с. Лозенец, община Царево и в къмпинг Градина (между Черноморец и Созопол).

Период	**Лозенец** тристаен, 106 м² етаж 3, 2 спални, 2 бани, 2 тераси Първа линия
1 юни -15 юли	150,00 лв/ден 37,5 лв на човек
Пакети:	
Понеделник-четвъртък	500,00 лв
Петък - неделя;	450,00 лв
Понеделник- неделя	900,00 лв
16 юли - 2 септември	200,00 лв/ден 50 лв на човек
Пакети:	
Понеделник - четвъртък	700,00 лв
Петък - неделя;	600,00 лв
Понеделник- неделя	1200,00 лв
2 септември - 16 септември	150,00 лв/ден 37,5 лв на човек
Пакети:	
Понеделник - четвъртък	500,00 лв
Петък - неделя;	450,00 лв
Понеделник- неделя	900,00 лв
17 септември – 01 юни	100,00 лв/ден 25 лв на човек
Пакети:	
Понеделник - четвъртък	350,00 лв
Петък - неделя	300,00 лв
Понеделник- неделя	600,00 лв

http://fnts.bg/

За контакти:
тел.02 987 7230;
GSM 087 870 3669;
e-mail: m.antonov@fnts.bg
Федерация на научно-техническите съюзи в България, 1000 София, ул. Г.С. Раковски 108

За членове на ФНТС 20% отстъпка

ЗА ВАШАТА ПОЧИВКА

http://fnts.bg/

За контакти:
тел.02 987 7230;
GSM 087 870 3669;
e-mail: m.antonov@fnts.bg
Федерация на научно-техническите съюзи в България, 1000 София, ул. Г.С. Раковски 108

Период	**Градина** тристаен – 80 м² етаж 4, 2 спални, 2 бани, тераса Първа линия
1 юни -15 юли	100,00 лв/ден 25 лв на човек
Пакети:	
Понеделник-четвъртък	350,00 лв
Петък - неделя;	300,00 лв
Понеделник- неделя	600,00 лв
16 юли - 2 септември	150,00 лв/ден 37,5 лв на човек
Пакети:	
Понеделник - четвъртък	500,00 лв
Петък - неделя;	450,00 лв
Понеделник- неделя	900,00 лв
2 септември - 16 септември	100,00 лв/ден 25 лв на човек
Пакети:	
Понеделник - четвъртък	350,00 лв
Петък - неделя;	300,00 лв
Понеделник- неделя	600,00 лв
17 септември – 01 юни	70,00 лв/ден 17,5 лв на човек
Пакети:	
Понеделник - четвъртък	250,00 лв
Петък - неделя	200,00 лв
Понеделник- неделя	400,00 лв

ТЕКСТИЛ И ОБЛЕКЛО

НТС по текстил, облекло и кожи

www.tok.fnts.bg

БРОЙ 2/2022

СЪДЪРЖАНИЕ

УДК

745/749 ПОДХОДИ ПРИ ДИЗАЙНА НА ГЪВКАВИ СТРУКТУРИ ЗА ТЕКСТИЛ И ПОВЪРХНОСТИ ЧРЕЗ 3D ПРИНТИРАНЕ: ПРЕГЛЕД НА ТЕНДЕНЦИИ 33
Дафна СТОИЛКОВА

https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2022.0002.01

Научна област. Статиите отразяват разработки и решения от текстилната наука и практика. Те се отнасят към някоя от областите според УДК:

33, Икономика. Икономически науки.
377, Специално образование. Професионално образование. Професионални училища.
378, Висше образование/ Висши учебни заведения.
677, Текстилна промишленост. Технология на текстилните материали.
678, Промишленост на високомолекулярните вещества. Каучукова промишленост. Пластмасова промишленост.
687, Шивашка промишленост.
745/749, Приложно изкуство. Художествени занаяти. Интериор. Дизайн.
658.512.23, Художествено конструиране (промишлен дизайн).

Адрес на редакцията:
1000 София, ул."Г. С. Раковски" 108, стая 407, тел.: 02 980 30 45
e-mail: textilejournal.editor@fnts.bg
www.bgtextilepublisher.org

ISSN 1310-912X (Print)
ISSN 2603-302X (Online)
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2022.0002

Банкова сметка:
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ ПО ТЕКСТИЛ, ОБЛЕКЛО И КОЖИ
ИН по ДДС: BG 121111930
Сметка IBAN: BG43 UNCR 9660 1010 6722 00

Печат и предпечат:
АГЕНЦИЯ КОМПАС ООД

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

доц. д-р инж. Ивелин Рахнев, главен редактор
доц. д-р инж. Мария Спасова, ИП-БАН, технически редактор

проф. д-р инж. Христо Петров, ТУ-София
проф. д-р Майа Богданова, НХА-София
проф. д-р инж. Андреас Хараламбус, Колеж-Сливен (ТУС)
проф. д-р инж. Снежина Андонова, ЮЗУ-Благоевград
проф. дтн инж. Радостина Ангелова , ТУ-София
доц. д-р инж. Анна Георгиева, ХТМУ-София
доц. д-р инж. Десислава Грабчева, ХТМУ-София
доц. д-р инж. Стела Балтова, МВБУ-София
доц. д-р инж. Златина Казлачева, ФТТ-Ямбол
доц. д-р инж. Капка Манасиева, ВСУ-Варна
доц. д-р инж. Румен Русев, ФТТ-Ямбол
доц. д-р инж. Красимир Друмев, ТУ-Габрово
доц. д-р Ивелина Вардева, У-т проф. д-р А. Златаров-Бургас
д-р Незабравка Попова-Недялкова, НБУ-София

ЧУЖДЕСТРАНЕН НАУЧЕН КОМИТЕТ

проф. дтн Жан-Ив Дреан - УЮЕ, Мюлуз, Франция
проф. дтн инж. Аленка Майсен льо Марешал, УМарибор, Словения
проф. дтн инж. Йордан Кьосев, ТУ-Дрезден, Германияпроф
д-р инж. Горан Дембоски, Ун. Св. св. Кирил и Методий, Скопие, С. Македония
доц. д-р инж. ВУ Ти Хонг Кхан, ХУНТ, Ханой, СР Виетнампроф
д-р инж. Сабер Бен Абдесалем, НИУ - Монастир, Тунис

ИНФОРМАЦИЯ ЗА АВТОРИТЕ

ПРАВИЛА ЗА ДЕПОЗИРАНЕ И ПУБЛИКУВАНЕ НА СТАТИИ

Подаването на докладите трябва да се адресира до редакцията на имейл (textilejournal.editor@fnts.bg);

Докладите трябва да са написани на български език от български автори и на английски (работен) език за чуждестранни автори.

Споразумение за прехвърляне на авторски права трябва да бъде подписано и върнато на нашата редакция по поща, факс или имейл, колкото е възможно по-скоро, след предварителното приемане на доклада. С подписването на това споразумение авторите гарантират, че целият труд е оригинален и не е бил публикуван, изпраща се само в списанието и че целият текст, данни, фигури и таблици, включени в труда са оригинални и непубликувани преди това или подавани другаде в каквато и да е форма. Процесът на рецензиране започва след получаване на този документ. В случай, че докладът вече е представян на конференция, той може да бъде публикуван в нашето списание, само ако не е бил публикуван в общодостъпни материали от конференцията; при такива случаи трябва да се направи съответното изявление, което се поставя в редакционните бележки в края на статията.

Общ стил и оформление

Обемът на доклада не трябва да надхвърля 12 стандартни страници (А4) в една колона (страница от 3600 знака), вкл. Таблици и фигури. Форматът е MSOfficeWord (normallayout). Рецензентите си запазват правото да съкратят статията, ако е необходимо, както и да променят заглавията.

Заглавието на доклада не трябва да надхвърля 120 знака.

Пълните имена на авторите, както и **пълните наименования на институциите**, в която работят - факултет, катедра, университет, институт, компания, град и държава трябва да са ясно посочени. Авторът за кореспонденция и неговият/нейният имейл трябва да са указани.

Резюмето на доклада е на английски и не трябва да надхвърля една страница.

Ключовите думи трябва да са в рамките на 4 до 6.

Фигурите *и илюстрациите се номерират последователно (с арабски цифри) и трябва да са споменати в текста. Фигурите се влагат в текста с формат JPGс минимум 300 dpi.Фигурите трябва да бъдат интегрирани в текста в редактируема форма.*

Таблиците*, със заглавие и легенда по желание, трябва да бъдат номерирани последователно и трябва да са споменати в текста.*

Бележките под *линиятрябва да се избягват.*

Препратките (цитирана литература)*трябва да се цитират последователно по ред на появяване в текста, изписани чрез транслитерация на латиница, като се използват цифри в квадратни скоби според* ***системата Ванкувър.***

https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2022.0002.01

ПОДХОДИ ПРИ ДИЗАЙНА НА ГЪВКАВИ СТРУКТУРИ ЗА ТЕКСТИЛ И ПОВЪРХНОСТИ ЧРЕЗ 3D ПРИНТИРАНЕ: ПРЕГЛЕД НА ТЕНДЕНЦИИ

Дафна СТОИЛКОВА
Национална художествена академия - София, Факултет за приложни изкуства,
Катедра Текстил - изкуство и дизайн
Бул. "Г. М. Димитров" 100, София 1700, България
e-mail: dafna.stoilkova@nha.bg

РЕЗЮМЕ

3D принтиране (от англ. 3D printing; three-dimensional printing – триизмерно принтиране) е съвременна техника за създаване на триизмерни обекти, при която компютърно проектиран обект се създава чрез прибавяне на материал слой по слой. Тази техника намира приложение в редица области като медицина, архитектура, изкуство, дизайн и др., включително в дизайна на текстил и повърхности.

Триизмерно принтираните текстилни структури се различават от традиционните представи за текстила като продукт, получен чрез тъкане, преплитане и др. на нишки и влакна от растителни, животински, синтетични и други материали. Използваните за 3D принтиране материали са преобладаващо синтетични полимери и някои видове биополимери, които позволяват създаването на твърди на допир повърхности и текстилни структури. Тези и други характеристики на триизмерното принтиране са както предизвикателства, така и инструмент за създаване на повърхности и текстил с алтернативна естетика и функционалност.

Част от експерименталния дизайн в тази област цели наподобяването чрез триизмерно принтиране на традиционни текстилни структури като гладка тъкан и плетен текстил. Друга част търсения са насочени към създаването на триизмерно принтирани структури от свързани елементи, подобно на металните ризници, носени в миналото като защитно военно облекло. Съществуват и други подходи – например 3D принтиране на структурирани листови повърхности с различни дебелини, чиято структура се променя при движение и по този начин осигурява еластичност и подвижност, характерни за текстила. За да се доближи триизмерно принтираният „текстил“ до усещането за традиционен текстил, двете могат да бъдат съчетани чрез 3D принтиране на дву- и триимерни десени, структури и елементи върху традиционен текстил, добавяйки естетическа стойност и функционалност.

Обект на редица изследвания са 3D принтирани повърхности и текстил с функции като промяна във формата на структурата и цвета под въздействието на външни фактори (температура, влажност, движение и др.), както и 3D принтиране с „умни“ материали и електронни компоненти с потенциал за приложение в областта на модата, носимите технологии, спорта, техническия текстил и др.

Настоящият доклад има за цел да прегледа тенденциите и да анализира връзката между материал, структура, функция и естетика в дизайна на текстил и повърхности чрез 3D принтиране.

APPROACHES TO THE DESIGN OF FLEXIBLE STRUCTURES FOR TEXTILE AND SURFACES MANUFACTURED BY 3D PRINTING: A REVIEW OF TENDENCIES

Dafna STOILKOVA
National Academy of Art, Faculty of Applied Art, Textile Art and Design Department
100 G. M. Dimitrov Blvd., 1700 Sofia, Bulgaria

Abstract

3D or three-dimensional printing is a technique for creating three-dimensional objects in which a computer-designed object is created by adding material layer by layer. This technique is used in fields such as medicine, architecture, design, etc., including in the design of textiles and surfaces.

The process of creating three-dimensionally printed textile structures differs from traditional notions of textile as a product obtained by weaving, knitting, etc. fibres of vegetable, animal, synthetic or other origin. The materials used for 3D printing are predominantly synthetic polymers and some types of natural polymers, which allow the creation of hard-to-the-touch surfaces and textile structures. These and other features of 3D printing are simultaneously challenges and a tool for creating surfaces and textiles with alternative aesthetics and functionality.

There is a variety of design approaches for the creation of textile structures using 3D printing, e.g. the imitating of traditional textile structures such as weave and knit; or creation of structures composed of connected elements similar to the historic metal chain mail. Another approach is the creation of structured sheet surfaces of different thicknesses, whose structure changes with movement and thus provides elasticity and flexibility characteristic of textiles. To bring the three-dimensionally printed "textile" closer to the feel of traditional textiles, the two can be combined by 3D printing of two- and three-dimensional patterns, structures and elements onto traditional textiles.

This review of the current tendencies aims to analyse the relationship between material, structure, function and aesthetics in the design of textiles and surfaces using the 3D printing technique. The basic systematisation and classification of strategies for the creation of textile-like feel of thus created surfaces reveals various approaches to transform otherwise hard-to-the-touch materials into flexible and almost "soft", "liquid" structures.

1. Въведение

3D принтирането е съвременна технология за контролирано чрез компютър производство, предоставяща възможност да се „материализира“ триизмерна рисунка чрез един-единствен процес, а именно - чрез добавяне на материал слой по слой, създавайки и наслагвайки редове материал или материали, които заедно образуват триизмерен обект. Процесът започва с компютърно моделиране на желания обект, след което дигиталните данни са подадени към 3D принтер. Следва принтирането, който се изпълнява в една-единствена стъпка и не се нуждае от допълнителна намеса. Това е 3D принтирането в идеалния му вариант. Настоящото развитие на тази технология тепърва има предизвикателства пред себе си като нужда от оптимизация на етапите на подготовка, изпълнение и последваща обработка на 3D принтирания обект [1].

Докато съществуващи процеси на триизмерно моделиране, започващо с триизмерна компютърна рисунка, напр. 3- или 5-осово фрезоване функционират на принципа позитив - негатив, т.е. от блок материал да бъде отнето излишното, негатива, докато остане проектираният обект, позитива, 3D принтирането функционира на обратния принцип - добавянето на материал. Други традиционни методи за създаване на твърди триизмерни форми, например инжекционно моделиране, включват многоетапни процеси като създаване на отливки, създаване на прототипи на ръка и т.н. 3D принтирането предоставя потенциална възможност както за съкращаване на процесите на проектиране и производство, така и за реализация в материал на сложни структури, например структури от свързани елементи, подобни на металните ризници от взаимосвързани елементи, шарнирни структури, филиграни структури и др. Този тип структури, нетипични за областта на традиционния текстил, имат потенциала да обогатят тази област с нов тип естетика, материалност, сетивни характеристики и функционалност.

Традиционните методи за създаване на текстил като тъкане, плетене, усукване на текстилни меки или твърди нишки от растителен, животински или синтетичен произход, както и на нишки от други материали като например метал, пластмаса и др. са доста различни от процеса на 3D принтиране, което не е в състояние да ги замести, а да предложи интересни алтернативи в областта на дизайна на текстил и повърхности.

1.1. Термини, използвани в статията

- *традиционен текстил* - текстил, произвеждан по традиционни начини като тъкане, плетене и др.

- *3D принтиран текстил* - повърхност, получена чрез 3D принтиране, чиято структура е заимствана от тази на традиционния текстил.

- *3D принтирана повърхност* - всеки (3D) принтиран обект има повърхност, която може да бъде наречена така. В контекста на тази статия този термин ще наименува 3D принтирана структура с качества като гъвкавост, еластичност, адаптивност към формата на тялото, възможност за драпиране и др., които са заимствани от традиционния текстил. Начинът й на изграждане може да бъде, но не е непременно заимстван от структурата на традиционен текстил.

- *структура* - в контекста на тази статия под този термин най-общо ще се разбира цялостната видима структура на текстила или повърхността.

- *вътрешна структура (на материал)* - най-ниското ниво на структура на материал; начинът, по който атомите са подредени в кристални решетки, молекули или аморфно.

- *нано-структура* - структура с размери около 1 - 100 nm (нанометри), като 1 nm се равнява на 1×10^{-9} m

- *микро-структура* - структура на материал на най-ниско ниво след нано-нивото. Обикновено под микро-ниво се разбират размери под 0,1 или под 1 mm.

- *мезо-структура* - структура с размери, вариращи между стотици микрони и милиметри. [2]

- *макро-структура* - структура с размери, по-големи от 0,1 или 1 mm, видима за човешкото око.

- *структуриране* - начин на изграждане/конструиране на текстила или повърхността; начин, по който изграждащите ги елементи са подредени и свързани един с друг в единна структура.

1.2. Материали при 3D принтиране на текстил и повърхности

Основните материали, използвани за 3D принтиране днес, са различни видове синтетични полимери - найлон, ABS и др., полимери, синтезирани от биологични суровини (биополимери) - PLA (полилактозна киселина), различни видове силикони. В момента се проучва и утилизирането на материали с растителен произход като целулоза.

Тези материали се подават към 3D принтера като твърда маса, оформена като връв, нагряват се, за да се втечнят, и след 3D принтирането изстиват във формата, в която са принтирани, образувайки масивни структури от материал. Към момента масово използваните 3D принтери не са в състояние да предоставят възможност за принтиране на тези материали на толкова фино ниво, че те да се доближат до усещането за мекота на традиционния текстил.

Всички обекти от твърда материя са твърди сами по себе си. Вътрешната структура на материала им и подредбата на този материал в цялостна микро- и макро-структура определят различни нюанси на твърдост спрямо нашето възприятие. Например косъмът, тъй като много видове текстил се произвеждат от вълна, е изграден от твърда материя - кератин. Сегментите от кератин в косъма са така подредени и свързани един с друг, че позволяват гъвкавост и еластичност на цялата микро-структура. Съществено при тази подредба е и отношението между диаметъра на косъма и неговата дължина. За човешкото възприятие роля играе и цялостната пропорция на косъма спрямо човешкия бой - за човека той е толкова миниатюрен, че се възприема като мек. Друго би било възприятието за косъм, ако той бъде скалиран правопропорционално до размера на човек в цял ръст.

1.3. Ролята на структурирането при дизайна на 3D принтиран текстил и повърхности

При 3D принтирането на алтернативен текстил и повърхности съществена роля играе структурирането на използвания материал на видимо, осезаемо, макро ниво, което е задачата на дизайнера. Тъй като очакваните от текстила качества включват мекота, гъвкавост, възможност да бъде драпиран, комфортен и удобен за носене, а материалите, използвани в 3D принтирането са твърди - видове пластмаси, или меки - видове силикони, намирането на подходяща структура, в която да бъдат оформени тези материали, за да се доближат до усещането за текстил, е основно предизвикателство при създаването на 3D принтиран „текстил“.

Технологията на 3D принтирането има потенциала да оформя нано- или микроструктурата заедно с макро-структурата на дадена повърхност или обект, което би позволило огромна свобода в „настройването“ на качествата на определена повърхност.

1.3.1. Мащабиране на структурите

При дизайна на структурите се взима предвид и мащабът им, например колкото по-едри са тези структури, толкова осезаемо по-твърди са те, и обратно - колкото по-фини са, толкова повече се размива усещането за твърдостта на изходния материал. Пример за това може да бъде намерен в синтетични материали като полиестер или полиакрил, използвани за производството на носими облекла. Тези материали могат да бъдат произведени във формата на твърди блокове пластмаса, както и във формата на много фини нишки, от които се предат или тъкат платове с качества, наподобяващи качествата на нишки от растителен или животински произход. Процесът за създаването на такива синтетични нишки и платове е многоетапен и днес 3D принтирането не може да го наподоби, а и не използва тези разпространени в текстилната индустрия полимери.

Основните използвани мащаби при 3D принтирането на текстил достигат финост на „нишката“ до около 1 mm [3]. За сравнение, нишките, от които един синтетичен плат от, напр., полиестер е произведен, варират около 0,2 - 0,8 mm и при това са изпредени от още по-фини влакна. Това съпоставяне обяснява защо 3D принтирането все още само грубо наподобява усещането за носим текстил.

1.4. Перспективи пред 3D принтирания текстил и повърхности

Точно тези предизвикателства са и предимства - чрез 3D принтиране могат да бъдат създавани текстилни структури, които, ако не

са в състояние да заместят традиционния текстил към момента, го обогатяват и разнообразяват с функционалности, които той не притежава. Чрез 3D принтиране могат да бъдат създавани алтернативни видове „текстил“ - повърхности, чиито структури наподобяват тези на традиционния текстил, както и повърхности, чието поведение притежава характерни за него качества като еластичност, адаптивност към формата на тялото, която покрива, възможност да бъде драпиран и др., с приложение в сфери като висша мода, медицински текстил, технически текстил, повърхности за архитектура и др.

2. Наподобяване на традиционни текстилни структури, съставени от нишки, например гладка тъкан или плетка

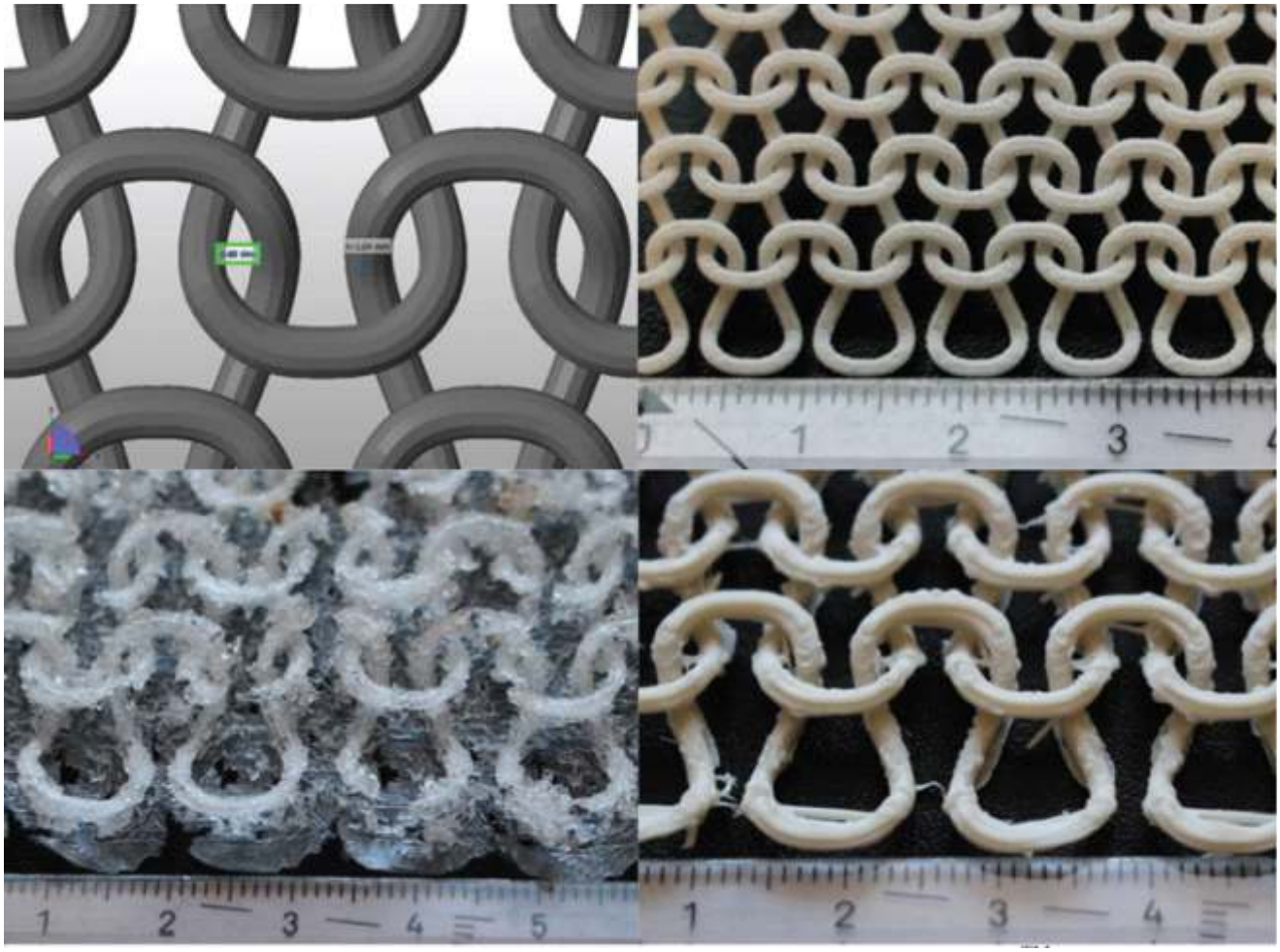
Дизайнът на текстил чрез 3D принтиране е област, която все още се развива и има дълъг път пред себе си. Тъй като процесът изглежда многообещаващ, съдържайки в себе си потенциал за производство не само на текстил и повърхности, но и на завършени продукти, които биха съчетали в себе си всичко - от дизайна на текстилната структура до крайния дизайн на завършен продукт, предизвикателството е да се намери подходящата структура на текстила или повърхността, за да се приближи тази идея до реализация. Един от логичните подходи в случая е опитът традиционни текстилни структури да бъдат наподобени. За целта структурата на тъкан или плетен текстил бива схематично изобразена чрез компютърно моделиране под формата на триизмерна рисунка, след което тази рисунка бива „материализирана“ слой по слой чрез добавяне на материал.

2.1. 3D принтирани „нишки“

Триизмерната рисунка на текстил обикновено представлява опростена схема, изобразяваща начина на подредба на нишките. Докато нишките на традиционния текстил се състоят от множество още по-фини влакна, изпредени в една цялостна нишка, формата на единична 3D принтирана „нишка“ е съпоставима с формата на жичка. За разлика от традиционната нишка, 3D принтираната нишка може да се определи като масивна - едно единствено парче материал с цилиндрична форма, чиято дължина многократно надхвърля диаметъра му. Тази масивна структура не успява да доближи свойствата 3D принтираната нишка до тези на традиционната. 3D принтираната нишка е огъваема дотолкова, доколкото материалът и диаметърът й позволяват. Еластичността на 3D принтираната нишка зависи от еластичността на използвания при принтирането материал, неговото количество и оформяне.

2.1.1. Актуални разработки

През 2014 г. екип от изследователи от Университета за приложна наука в Нидерайн, Германия публикува разработка на 3D принтиран текстил, чието структуриране наподобява гладко плетене (***Фигура 1***). [3] Структурата се състои от „нишки“ с дебелина 1,04 mm, разположени с отстояние от 0,8 mm, подредени точно както са подредени текстилните нишки при традиционното плетене. Поради характера на използвания материал - мек PLA, тези 3D принтирани „нишки“ са твърди на допир, което определя характера на 3D принтирания текстил като твърд. Чрез цялостната подредба на нишките, отворения характер на структурата на „плетенето“ и по-мекия характер на използвания полимер в сравнение с други полимери известна гъвкавост е постигната. Заключението от този експеримент е, че технологията на 3D принтирането към момента не е в състояние да предложи съпоставима алтернатива на традиционното производство на текстил.



Фигура 1 Структура, заимствана от плетена тъкан, направена чрез 3D принт. [3]
Разработка на R Melnikova, A Ehrmann, K Finsterbusc. 2014 г.
Източник: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/62/1/012018/pdf

2.2. Пропорция 3D принтирана нишка - отстояние между нишките

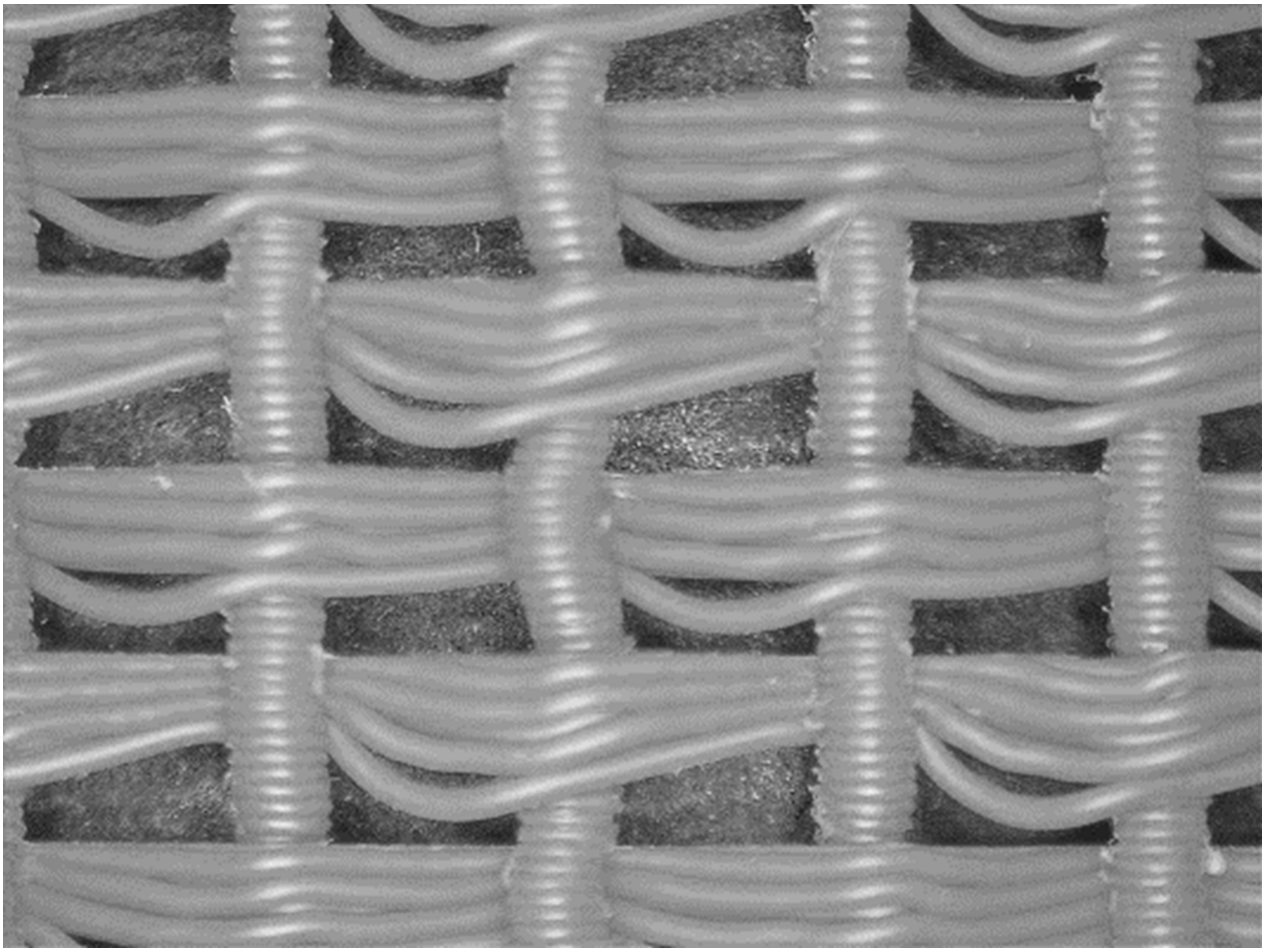
Тези проби показват, че постигането на качества като гъвкавост зависи както от дебелината на отделните „нишки“, така и от пропорцията нишка - отстояние между нишките. При увеличаване на тази пропорция, т.е. при по-големи отстояния спрямо нишки от еднаква дебелина, се наблюдава по-голяма подвижност и гъвкавост. Колкото по-голям е диаметърът на нишката, направена от полимерни материали, толкова по-твърда и по-малко гъвкава е тя, а оттам – и цялата структура. Колкото по-гъсто подредени са нишките на 3D принтирания текстил, толкова „по-заключена“ е цялостната структура, което обикновено ограничава гъвкавостта й. „Във всяка текстилна структура геометрията и позиционирането на нишките една до друга до голяма степен определя поведението на плата.“ [3 стр.329]

2.3. Оформяне на 3D принтираната нишка

Формата на нишките на ивата и вътъка също е важно. Изследователи от Технологичен образователен институт в Пирея наподобяват традиционна гладка тъкан (***Фигура 2***), конструирана от „нишки“ от материала ABS. [5] „За да се редуцира комплексността на моделите, прости геометрични структури като прави линии и части от кръгове са използвани за дизайна на микроструктурите на текстила.“ [5 стр.2] Разработките са с пропорции, вариращи между 0,6 и 1,6 mm, близки до пропорциите на гореописаната разработка на 3D принтиран плетен текстил на учените от Нидерайн. Причината пропорциите да са подобни е, че това са настоящите възможности на най-широко разпространените 3D принтери и използваните материали днес. В момента съществуват технологии за 3D принтиране,

достигащо нано-ниво, чиито цени са несъпоставими с целите на създаване на 3D принтиран текстил.

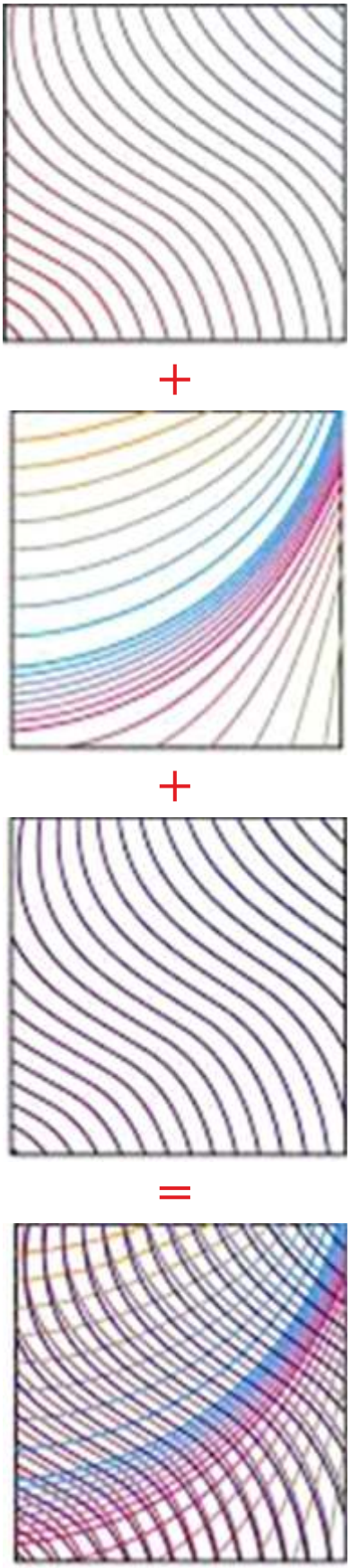
При серията проби на учените от Пирея „ивата“ е запазена като права нишка и е изпробвано разнообразие в структурирането на „вътъка“. Колкото по-прав е вътъкът, толкова по-малко подвижен е 3D принтираният текстил. Затова съзнателно е търсена форма на вътъка, която съдържа в себе си извивки, които заобикалят основата, като по този начин осигуряват известна свобода на цялостната структура.



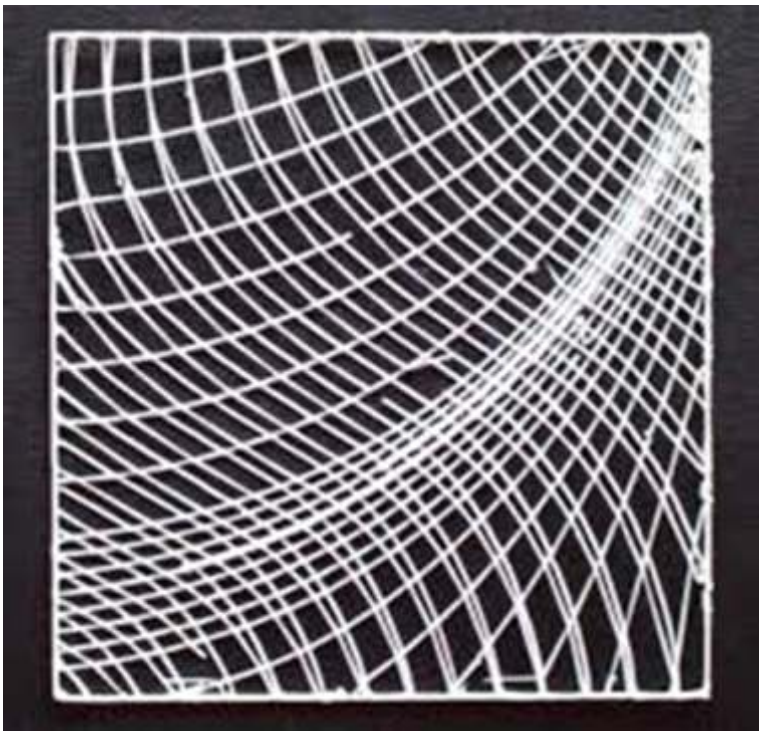
Фигура 2 Текстил, направен чрез 3D принт. Дизайн на Леони Нора Парч (Leonie Nora Partsch). [5]
Адаптирано изображение.
Източник: https://commons.wikimedia.org/wiki/File: 3D_printed_textile_fabric.jpg

2.4. От наподобяване към интерпретация на текстилни структури

Екипът учени от Нидерайн разработва структури, базирани на десени от успоредно разположени „нишки“ (***Фигура 3***), които не са прави, а вълнообразни. Наслагвайки няколко такива слоя, се получава сложна слоеста структура (***Фигура 4***), която наподобява структурно гладка тъкан, но нишките на слоевете не се преплитат, както при традиционния текстил, а се спояват един към друг благодарение на спецификите на техниката на 3D принт.



Фигура 3 „Тестова схема за слоеста структура, съставена от три насложени слоя.“ [3]
Разработка на R Melnikova, A Ehrmann, K Finsterbusc. 2014 г.
Източник: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/62/1/012018/pdf



Фигура 4 3D принтирана структура от три слоя „нишки“, насложени един върху друг. [3]
Разработка на R Melnikova, A Ehrmann, K Finsterbusc. 2014 г.
Източник: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/62/1/012018/pdf

Подобен подход прилагат холандската модна дизайнерка Айрис ван Херпен (Iris van Herpen), съвместно с австрийската архитектка Юлия Кьорнер (Julia Koerner) през 2013 г. за създаването на рокля чрез 3D принт (***Фигура 5***). Синтетичната тъкан визуално поражда силна аналогия с текстилно изделие, макар „нишките“ да са направени от твърд материал. 3D принтирана структура на роклята е „тече около тялото като тъкана мрежа“. [6]

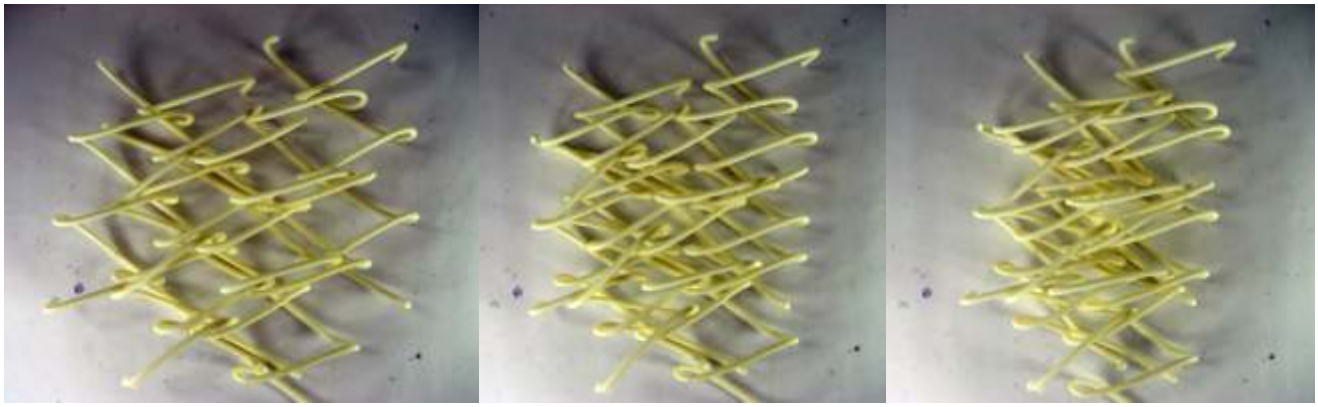
Подходът на ван Херпен и Кьорнер е „нишките“ да бъдат моделирани, следвайки формата на тялото, с множество извивки, тъй като този тип „текстил“ може да придобие определена гъвкавост, но не е мек и сам по себе си не поема формата на тялото. Тази дреха е триизмерно моделирана около тялото, като този подход е същностно различен от традиционния начин за създаване на облекла от двуизмерен текстил. „Тъканта“ на ван Херпен и Кьорнер не е от преплетени нишки, както при гладката тъкан, а се основава на логиката на триизмерното моделиране - редове успоредни нишки, които следват определен десен, форма, преминават върху друг такъв ред, застъпвайки ги на места. Технологията на 3D принтирането позволява горните нишки да прилепнат към долните, като така се елиминира нуждата от преплитане с редуване като при гладката тъкан. Предимство на този подход е, че структурата от нишки може да бъде така моделирана, че горните нишки на места да се спояват към долните, а на избрани места да остават свободни, което води както до по-голяма гъвкавост на структурата, така и до постигане на съзнателно търсени визуални ефекти (***Фигура 6***).

Фигура 5 Рокля от модната колекция “Voltage” на Айрис ван Херпен, създадена чрез 3D принт съвместно с архитект Юлия Кьорнер. 2013 г.
Източник: https://www.irisvanherpen.com/collections/voltage

Фигура 6 Рокля (детайл) от модната колекция "Voltage"
на Айрис ван Херпен, създадена чрез 3D принт съвместно с архитект Юлия Кьорнер. 2013 г.
Източник: https://www.irisvanherpen.com/collections/voltage

2.5. Други подходи за интерпретация на текстилни структури

„Моделът на свързване при плетене трябва да бъде третиран по друг начин за 3D принтиране, защото моделът е базиран на увиването на гъвкава нишка около игла. Моделът на свързването при плетене трябва да бъде реинтерпретиран при програмирането за създаване на плетка чрез 3D принт.“ [3 p329] До този извод достига Фелисия Дейвис, изследовател от Мазачузетския Технологичен Институт. Нейните разработки на 3D принтиран текстил включват наподобяване на преплетени, усукани (***Фигура 7***) и тъкани структури, като тя експериментира с пропорции и отстояния между „нишките“, които и този случай са твърди, и се достига до извода, че гъсто подредените нишки „заключват“ структурата на текстила, намалявайки гъвкавостта ѝ, а много големите отстояния, обратно, водят до трудни за контролиране, разпадащи се структури, които трудно остават в една форма, но тъкмо това им дава потенциал да бъдат използвани за променящи формата и структурата си повърхности. „Примка или затворен пръстен са оптимални са 3D принтиран текстил, защото се свързват заедно без да се разпадат.“ [3 p330] Намирайки, че структури, изцяло произведени от ABS не са подвижни, Дейвис стига до заключението, че нишките на ивата или вътъка, принтирани от по-гъвкава пластмаса или гума, осигуряват по-голяма свобода на движението. От това следва, че намирането на оптимална структура за 3D принтиран текстил е въпрос както на дебелина и форма на нишките, на отстоянието между тях, на цялостната им подредба, така и на материалът или материалите, от които са изработени. Отговорът на предизвикателството 3D принтираният текстил да е по-гъвкав и близък до традиционния може да се търси както във формата на структурата, така и в комбинации от нишки от различни материали.



Фигура 7 „Компресия на единично усукан текстил“ („Compression of Single Link Textile“), Разработка на текстилна структура чрез 3D принт, дизайн на Фелисия Дейвис. Източник: https://fadstudio.wordpress.com/2011/08/01/python-powered-textiles/

3. Създаване на структури от свързани елементи подобно на металните ризници

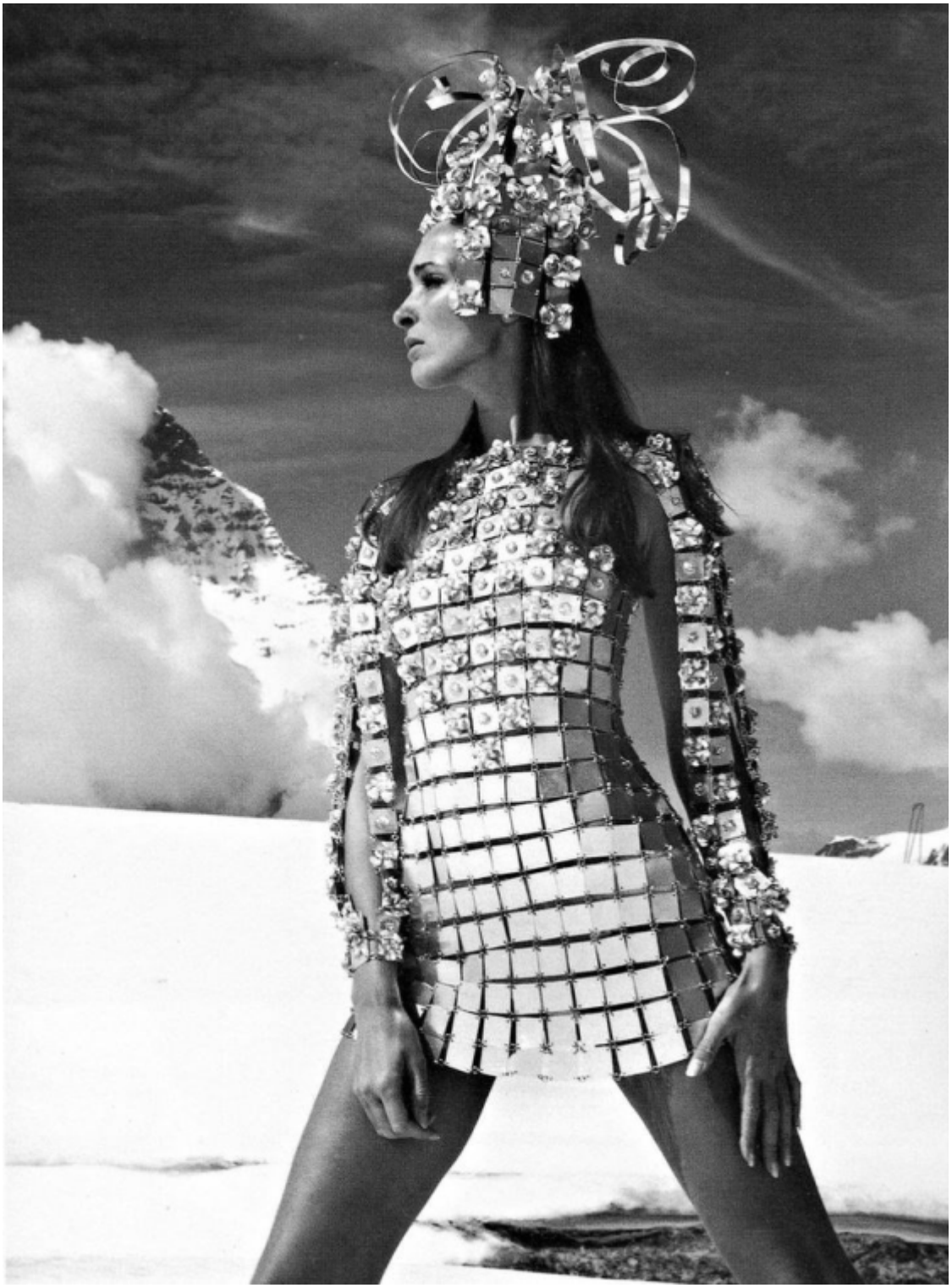
Докато при създаването на традиционен текстил от меки нишки се търсят стабилни структури, които да свържат нишките в една цяла устойчива повърхност, при създаването на 3D принтиран текстил е логичен обратният подход поради твърдостта на използваните материали – търсене на по-свободни структури, които да осигурят гъвкавост на „нишките“ или на елементите. В гореописания подход структурите, наподобяващи традиционен текстил, имитират нишки, подредени така, както биха били подредени при тъкане на стан или при плетене. Съществува и друг подход – проектиране на отделни елементи със затворен характер, например пръстени или в каквато и да е форма, свързани един с друг подобно на металните ризници от метални пръстени (***Фигура 8, 9***).

Фигура 8 Ризница от взаимосвързани метални пръстени.
Сирийска или турска; предполагаем период - късния XV или ранния XVI век.
Източник: https://www.metmuseum.org/art/collection/search/22415

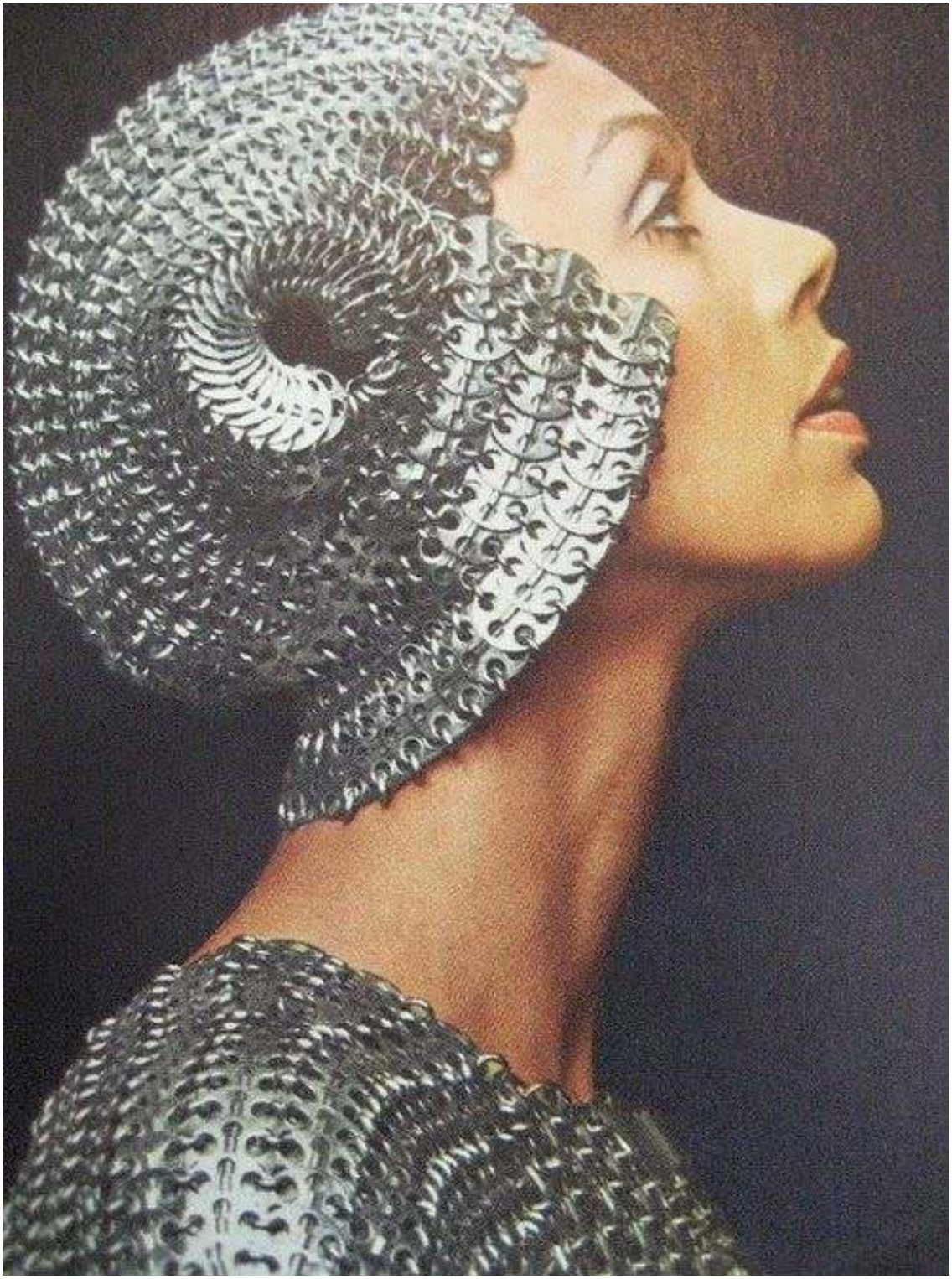
Фигура 9 Ризница от взаимосвързани метални пръстени (детайл).
Сирийска или турска; предполагаем период - късния XV или ранния XVI век.
Източник: https://www.metmuseum.org/art/collection/search/22415

3.1. Структури от взаимосвързани елементи в областта на дизайна на текстил и повърхности

Този подход предоставя възможност за създаване на текстил и повърхности, които не принадлежат към традиционния текстил, с приложение в области като висшата мода. Пако Рабан е сред най-популярните дизайнери от 60-те години на XX век. Известен с иконичните си безшевно създадени облекла, Пако Рабан експериментира със структури от свързани елементи - метални, седефени, мъниста и други. [7, 8] Всички те са свързани на ръка. Целта е да бъде създадена футуристична визия чрез структури и материали, нехарактерни за носимото облекло (***Фигура 10, 11***). Акцентът е върху постигането на алтернативна естетика, провокираща зрителя визуално и концептуално. Тези модни творения, произведения на изкуството, предоставят и сетивни усещания, нехарактерни за носимото облекло - те са по-малко подвижни, съставени от големи елементи, които могат да бъдат хладни на допир (метал) или неутрални като температурно усещане (седеф). Някои от тях са по-гъвкави и следват по-лесно движенията на тялото - когато са изградени от по-фини елементи, или колкото по-едри стават изграждащите ги елементи, толкова по-малко подвижни стават повърхностите. Самата им нетипичност създава игра със сетивата на носителя и на зрителя.



Фигура 10 Рокля на Пако Рабан от 60-те години на XX век.
Фотография: Gunnar Larsen.
Източник: https://www.dazeddigital.com/fashion/gallery/19825/15/fashion-meets-sci-fi



Фигура 11 Моделиране на триизмерен обем от взаимосвързани метални елементи. Модел на Пако Рабан, информация за година на създаване и материал неизвестна. Източник: https://www.formidablemag.com/paco-rabanne/

Днес модната къща Paco Rabanne продължава да работи с такива структури от свързани твърди елементи, например от метал, плексиглас и полимерни фолиа. [9] Съществува тенденцията тези структури, първоначално изцяло от твърди елементи, да бъдат съчетавани с меки текстилни елементи, например парчета плат [10] или кожа [11], свързани помежду си с метални пръстени или подобни елементи. По този начин футуристичната визия на Пако Рабан се утилизира, ставайки по-удобна за носене в ежедневието, изградена отчасти от елементи от познат традиционен текстил или кожа (***Фигура 12***). Роклята от колекция пролет/лято 2012 (***Фигура 13***), създадена от Маниш Арора (Manish Arora) за модна къща Paco Rabanne, е продължение на традиционния стил на Пако Рабан. Изработена е от парчета метализирана кожа, които са така изчислени, че да прилягат точно към формата на тялото. „Нито едно квадратно парче от сребристо боядисана питонова кожа е със същата форма като съседното.“ [12]

Фигура 12 Яке, дизайн на Пако Рабан, чиято повърхност се състои от свързани парчета кожа и алуминиеви платки.
Източник: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blouson_von_Paco_Rabanne.jpg

Фигура 13 Модел на модна къща Paco Rabanne, сезон пролет/ лято 2012 г.
Източник: https://www.pinterest.de/pin/364369426102348855/

3.2. 3D принтиране на структури от взаимосвързани елементи

Процесът на 3D принтиране предоставя голяма свобода при дизайна на подобни повърхности, като всички те могат да бъдат принтирани заедно, свързани, в една-единствена стъпка. Вече съществуват и 3D принтери, които работят с 2 или повече материала, което би довело до разнообразие в тези структури.

Такъв тип 3D принтирани структури могат да имат по-голяма гъвкавост и подвижност в сравнение със структурите, заимствани от традиционен текстил, защото при намиране на подходящи геометрични пропорции и форма на отделните елементи те биха могли да се движат свободно във всички посоки. Към това има отношение и скалирането на дадена структура - структури с еднакви пропорции, изпълнени в различни мащаби, имат различно поведение, защото освен формата и пропорцията, тежестта на материала също играе роля. Например при свободно драпиране на 3D принтиран текстил около тялото една и съща структура, веднъж изпълнена във фин мащаб и веднъж изпълнена в по-едър мащаб, ще има различно поведение. При по-финия мащаб тежестта на материала ще бъде много по-малка и съответно движението би било по-свободно. При по-едър мащаб съответно по-голямата тежест на материала би придърпвала елементите по-надолу, огранича-вайки свободата на движение и така позволя-вайки по-малко гъвкавост на структурата.

3.3. Актуални разработки

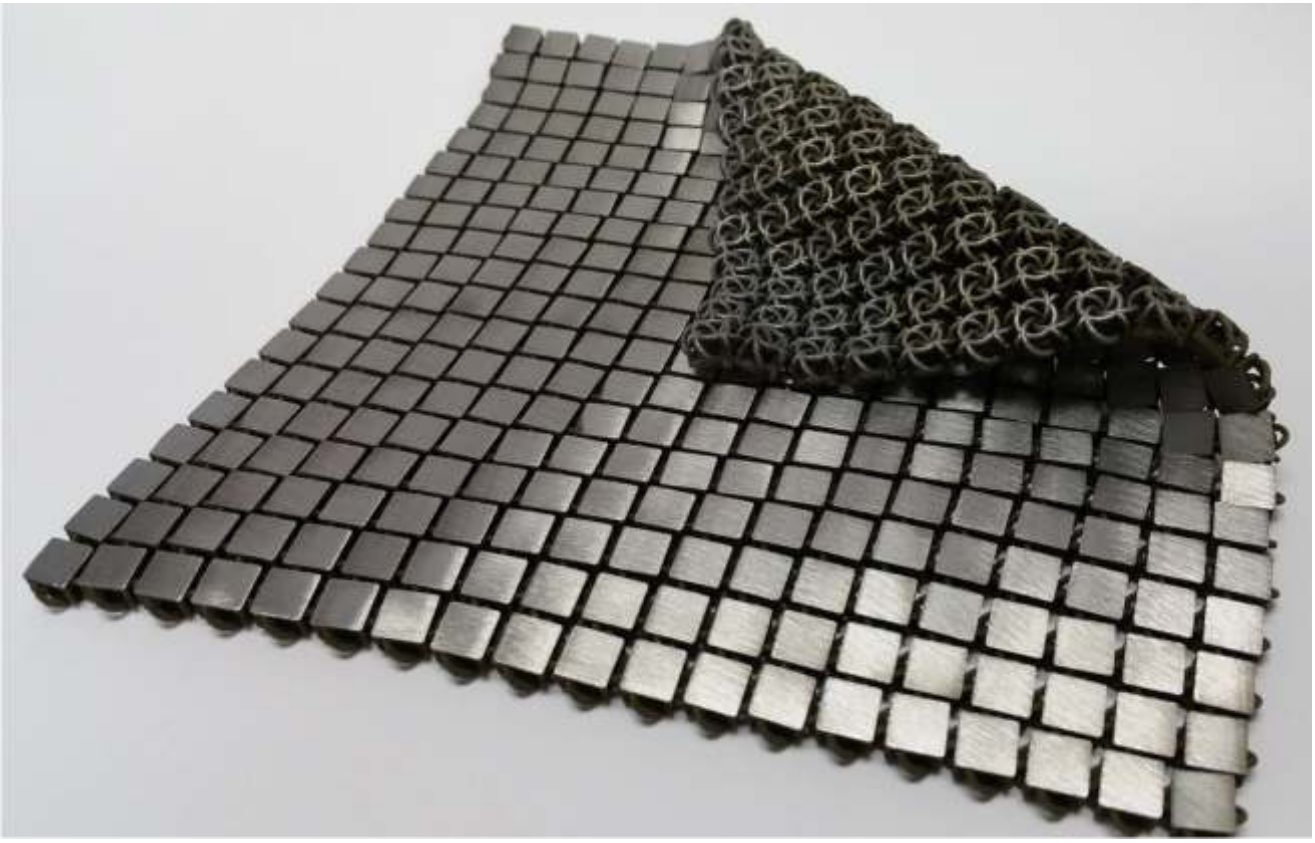
Пример за такъв тип разработка е дело на учени от Факултета за изкуство и дизайн в Университета в Гази, Турция. [13] Експериментирайки с мезоструктурата на „плата“, целта е да се постигне „гъвкавост, огъваемост и носимост“. [13 p3] Екипът акцентира и върху важността на качества като задържане и абсорбиране на топлина, мекота и еластичност. „За да се разбере защо текстилът има тези качества, структурата и качествата бяха анализирани на четири различни нива: дреха, текстил, нишка и фибри. Тази йерархична структура е отговорна за споменатите качества, които са желани в текстила, например задържането на топлина е предизвикано от порьозност в структурата.“ [13 p5]

Екипът разработва няколко вида структури от свързани елементи - структури от хексагонални и триъгълни елементи, свързани с пантички, позволяващи завъртане; структура от взаимосвързани заоблени елементи, вдъхновена от плетиво; структура от четвъртити взаимосвързани елементи, вдъхновена от гладка тъкан. При последната структура ъглите на четвъртитата структура са заоблени, което позволява по-голяма подвижност, тъй като при структури от остри ръбове може да се наблюдава запъване и стопиране на движението. Външните размери на един елемент от четвъртитата структура са 12 x 12 x 5 mm, като в една от разработките са намалени на 12 x 10 x 5 mm. Модул с първите размери е вариран с две различни дебелини на страната, като при по-голямата дебелина разстоянията между отделните модули се намаляват, което прави структурата по-малко ажурна, но и намалява гъвкавостта й. При модул с по-тънки страни се наблюдава по-голяма гъвкавост. Заключението на екипа е, че пред 3D принтирането на текстил има много предизвикателства, свързани с „защита, подвижност, ограничаване на движението, претопляне на носещия“ [13 p7] 3D принтирания текстил и др., които биха могли да бъдат преодолени чрез употребата на „композитни материали и материали с поведение като това на текстила“. [13 p7]

Докато в момента 3D принтираният текстил за облекло е експериментален, 3D принтирани повърхности от свързани елементи имат потенциал за приложение в области като вътрешна и външна архитектура и дори в

космоса. Инженери от NASA създават чрез 3D принтиране повърхност от свързани модули от неръждаема стомана, която има различни качества от двете си страни, „космически плат“ (***Фигура 14, 15***). [14] Докато начинът на взаимосвързване е инспириран от средновековните метални ризници, екипът е разработил формата на отделните модули така, че да представляват плоски плочици от предната страна, свързани чрез пръстени от задната страна. Лицевата страна от гладки метални плочици отразява светлината, а другата страна абсорбира топлината благодарение на комплексната си структура от пръстени, което прави повърхността терморегулираща. Характерът на използвания метал - неръждаема стомана, в комбинация с цялостната структура, осигурява допълнителна функционалност - повърхността играе ролята и на щит срещу космически дебри. [14, 15]

Чрез начина на конструкция на повърхността - свързване на отделни елементи в обща структура - характерът на отделните елементи, изградени от твърда стомана, е съчетан с усещането за плат, който е подвижен, огъваем и може да поема формата на обект. „Ние го наричаме „4-D печат“, защото можем да отпечатаме както геометрията, така и функцията на тези материали“, [14] „Използването на органични и нелинейни форми без допълнителни разходи за производството ще доведе до по-ефективни механични дизайни“, [14] твърди лидерът на екипа Раул Полит Касияс (Raul Polit Casillas).



Фигура 14 3D принтиран „космически плат“, разработен от NASA на базата на структури, заимствани от металните ризници.
Източник: NASA/JPL-Caltech, https://www.jpl.nasa.gov/news/space-fabric-links-fashion-and-engineering

Фигура 15 3D принтиран „космически плат“, разработен от NASA на базата на структури, заимствани от металните ризници.
Източник: NASA/JPL-Caltech, https://www.jpl.nasa.gov/news/space-fabric-links-fashion-and-engineering

3.4. Потенциал на структурите от взаимосвързани елементи за дизайн на „умен“ текстил и повърхности

Тези твърдения са важни, за да се разбере потенциалът на 3D моделирането и принтирането - да се създават текстил и повърхности, чиито функции далеч надхвърлят тези на използвания материал, чрез стратегически проектирана структура, която съдържа „закодирана“ функционалност в себе си. Компютърното моделиране на структури от взаимосвързани елементи има потенциала за създаване на текстил и повърхности, които съчетават в себе си многобройни функционалности, какъвто е примерът с „космическия плат“, разработен от NASA - отразяване на светлината, задържане на топлина и същевременно защитна функция. Също така е възможно да се създават повърхности, чиято структура варира в различните им части, осигурявайки различни функционалности там, където са необходими. Свободата при компютърното моделиране може да позволи търсено съчетаване на функционалност и естетика.

4. 3D принтиране на структурирани листови повърхности

Гореописаните методи създават структури, които от пръв поглед могат да бъдат характеризирани като триизмерни. Съществува и друг подход - да се търсят структури, чиято геометрия може да се нарече двуизмерна, тъй като структурата им е базирана на двуизмерен десен, която става триизмерна чрез равномерно добавяне на дебелина във вертикалното измерение при проектирането за 3D принт.

Предимствата на такъв тип листови повърхности са както улеснението при компютърно проектиране, така и по-лесно и бързо 3D принтиране според настоящите възможности на 3D принтерите. Така създадени структури имат потенциала да се използват за повърхности, които могат да бъдат както „двуизмерни“, така и да променят формата си и да стават триизмерни. Повърхности, структурирани на други принципи, могат също да бъдат „програмирани“ за промяна във формата си, която да достига до пълна плоскост, а оттам - и във функционалността и естетиката си. Методът за

създаване на структурирани листови повърхности на базата на двуизмерен десен изглежда най-опростен като процес.

4.1. Създаване на структурирани листове повърхности с други технологии

Поради ограничеността на възможностите на 3D принтирането към настоящия момент като процес и като материали, структурирани листови повърхности могат да бъдат създавани и по други начини, например чрез разрязване, изрязване, както на ръка, така и чрез лазерно или друг тип рязане. Тези методи често са предпочитани и защото могат да бъдат използвани материали, които са неподходящи или невъзможни за 3D принтиране. Също така употребата на готови листа може да позволи усвояването на анизотропни качества на материала, т.е. материалът да има различни качества в различните посоки, какъвто материал например е дървеният фурнир. Пример за изотропен материал може да бъде парче или лист плексиглас, чиито качества са еднакви по протежение на всички посоки на листа.

4.2. Актуални разработки чрез 3D принтиране

През 2015 г. модната дизайнерка Данит Пелег разработва „първата модна колекция, 3D принтирана вкъщи“ [16], 'Liberty Leading the People' (***Фигура 16, 17***). [17]

Някои от структурите на повърхностите, от които са изградени 3D принтираните облекла, са базирани на двуизмерни десени от гъсто подредени „сгънати“ вълнообразни или зигзагообразни линии, които могат да се „разгъват“ двуизмерно (***Фигура 18***). По този начин площта на 3D по-върхността, която е алтернатива на традиционния текстил в облеклата на Пелег, се увеличава, както би се увеличила при разпъването на трикотаж, когато опънът разтяга примките максимално. Структурите, които са с лиценз open source и са адаптирани и утилизирани от Пелег, осигуряват гъвкавост, еластичност и възможност повърхностите да поемат формата на тялото и да следват движенията му (***Фигура 19, 20***). „Един модул от структурата може да се разшири двеста до триста процента при леко разтягане.“ [18 p1]

Фигигура 16 3D принтирана горна дреха (детайл) от колекцията „Liberty Leading the People“ на Данит Пелег, 2015.
Фотография: Daria Ratiner. Източник: https://danitpeleg.com

Фигура 17 3D принтиранг горна дреха (детайл) от колекцията „Liberty Leading the People“ на Данит Пелег, 2015.
Фотография: Daria Ratiner. Източник: https://danitpeleg.com

Фигура 18 3D принтирана рокля (детайл) от колекцията „Liberty Leading the People“ на Данит Пелег, 2015 г. Усещането за текстил е постигнато чрез създаването на специален двуизмерен десен, 3D принтиран в обем, чиято структура е гъвкава и позволява разтягане.
Фотография: Daria Ratiner. Източник: https://danitpeleg.com

Фигура 19 3D принтирана рокля (детайл) от колекцията „The Birth of Venus“ на Данит Пелег, 2017. Фотография: Daria Ratiner. Източник: https://danitpeleg.com

Фигура 20 3D принтирана рокля (детайл) от колекцията „The Birth of Venus“ на Данит Пелег, 2017. Фотография: Daria Ratiner. Източник: https://danitpeleg.com

Подобни структури разработва дизайнерът Андреас Бастиан (Andreas Bastian), характеризирайки ги като „материали с клетъчни мезоструктури“ (“Mesostructured Cellular Materials”). „Мезоструктурата е термин, с който целенасочено се описва структурната скала между стотици микрони и милиметри, приблизително мащаба на нашите пръстови отпечатъци. Макар че понастоящем е изключително слабо използвана, мезоструктурата е многообещаваща, тъй като може да размие традиционните граници на интензивната материалност, като позволява манипулации на свойствата на обемните материали в обширното пространство на дизайна.“ [2] В проекта си Бастиан изследва една и съща структура, базирана на двуизмерен десен с тригонална симетрия, варирайки дебелината ѝ. Серия 3D принтирани проби изследва как варирането на дебелината на структура е с едни и същи размери по дължина и ширина повлиява свойствата на повърхностите. Поведението на всяка една повърхност е различно: колкото по-малка е дебелината на повърхността, толкова по-разтеглива е тя. Увеличаването на дебелината прави повърхността все по-малко гъвкава (***Фигура 21***).

Фигура 21 3D принтиран материал с клетъчна мезоструктура. Дизайн на Андреас Бастиан. Източник: https://andreasbastian.com/Mesostructured-Cellular-Materials

През 2018 дизайнерката и изследователка Лушан Сън (Lushan Sun) разработва 3D принтирана еластична дантела от найлон, базирана на двуизмерен десен, която комбинира с части от коприна с дигитален принт в цялостна рокля. Целта е да изследва еластичността и заедно с това „визуалната илюзия“ на сливането на текстилен принт и еластичната дантела, създадена чрез 3D принт, придавайки на двете органично усещане. Търсен е начин за създаване „уникална фокусна точка от различните ъгли на дрехата“ [18 p1], при което е взето предвид и съчетанието между форма, структура и цвят. 3D принтираната дантела е „инженерно проектирана до различни мащаби да пасне на необходимата еластичност и естетика“ в реализацията на роклята. [18]

От опита на Сън може да се заключи, че 3D принтирани повърхности, наподобяващи текстил, могат да намерят приложение в модата и може би начинът да станат по-популярни е съчетаването им с традиционен текстил. Те предлагат както интересна естетика, така и могат да осигурят функционалност на необходимите места, например еластичността на дантелата „елиминира използването на конвенционално закопчаване (напр. цип), като по този начин съкращава процедурите [на изпълнение]“. [18 p2] Дантелата традиционно е тъкан с висока стойност, включително и художествена, и създаването на 3D принтирана „дантела“ и употребата й на определени места в дадена дреха, осигурявайки естетика, съчетана с функционалност, изглежда многообещаващо приложение.

Употребата на 3D принт, базиран на двуизмерна рисунка, има смисъл там, където приоритет е да се редуцират стъпките при 3D проектиране и принтиране. Също така такъв тип структуриране при 3D принтиране предоставя възможност десенът да стане функционален, т.е. реализирането на една рисунка в материал, използвайки принципа позитив - негатив (материал - празно място), променя характера на рисунката от двуизмерен в триизмерен. Това може да доведе до функционалности като еластичност, промяна във формата от двуизмерна в триизмерна и др. [19]

През 2018 г. международен екип от учени задълбочава изследванията си върху механичното поведение на структурирани листови повърхности. Фокус на проучванията им са 3D принтирани структурирани листови повърхности, чиито десени „съчетават естетически-приятна геометрия с комплексно механично поведение, характеризирани от анизотропия, не-линеарност, и големи вариации в неподвижността (stiffness) между различните десени“. [20 p148:1] Наричат ги още „равнинни линеарни (rod) мрежи, чиито механика и естетика са неразривно свързани“. [20 p148:1]

4.3. Възможности при 3D принтирането на структурирани листови повърхности

Такъв тип структури могат да бъдат фабрикувани по много начини - например чрез изрязване на десените в листов материал, чрез 3D принт и други. Вариантът чрез 3D принтиране предоставя възможност стратегически да се регулира не само геометрията на десена в широчина и дължина, но и дебелината му по вертикала. Докато листовите материали обикновено са с равномерна дебелина на листа, гъвкавостта на процеса на 3D моделиране и принтиране би позволила създаване на структурирани листови повърхности с по-малко или повече градираща или неравномерна дебелина на местата, където е търсена. Предимствата при употребата на 3D принтиране за създаване на такива повърхности е и потенциала чрез 3D принтиране да се комбинират два или повече материала. По такъв начин - комбинирайки гъвкавост при 3D моделирането на двуизмерния десен, неговата дебелина и комбинацията от материали, от които той да бъде принтиран, 3D принтирането предоставя възможност за проектиране на само на естетиката, но и на функциите на повърхности.

5. 3D принтиране на дву- и триизмерни структури върху традиционен текстил

На този етап съществуват добри изгледи 3D принтирането да бъде комбинирано с традиционния текстил, например като върху основа от традиционен текстил бъдат принтирани двуизмерни десени с добавена дебелина или цели триизмерни структури. По този начин 3D принтирането може да служи както като декорация, така и чрез него могат да бъдат придадени определени функции на основата от традиционен текстил, непривични за него.

5.1. 3D принтиране върху традиционен текстил с цел декорация

Потенциалът на 3D принтирането върху текстил като алтернатива на традиционни техники и технологии за декорация е обект на проучвания днес. [21] През 2015 г. екип от изследователи от Университета по приложна наука в Нидерайн, Германия проучва възможността за 3D принтиране на различни десени върху различни видове традиционен текстил. Един от експериментите разглежда 3D принтирането на флорален мотив с размери 55 mm ширина, 75 mm дължина и дебелина от 1,2 mm върху платове от памук, вискоза, вълна и полиестерна мрежа. Използваният при 3D принта материал е PLA - полилактозна киселина, вид полимер, получен чрез синтез на суровини от растителен произход, което го определя като биоразградим. Изборът на този материал е определен от това, че „3D принтираните добавки към облекла трябва да са меки и не твърде крехки“, [21 p2] а PLA отговаря на тези изисквания. Резултатът от експеримента показва, че 3D принтираният полимер се свързва най-устойчиво с полиестерната мрежа, тъй като при разтапянето при 3D принтирането материалът прониква между изграждащите я нишки, обръщайки ги. [21]

На този принцип могат да бъдат принтирани триизмерни декоративни и/или функционални елементи върху текстил, облекла и други. Настоящи изследвания върху възможността за 3D принтиране с алтернативни на пластмасата материали използват вискоза. [22] Целта на подобен тип проучвания е да разгледат алтерна-тивни начини за декорация на текстил и дрехи, тъй като съвременната текстилна индустрия най-често използва декоративни елементи като мъниста, пайети, конци и др. от синтетични материали.

5.2. 3D принтиране върху традиционен текстил с цел придаване на триизмерна форма

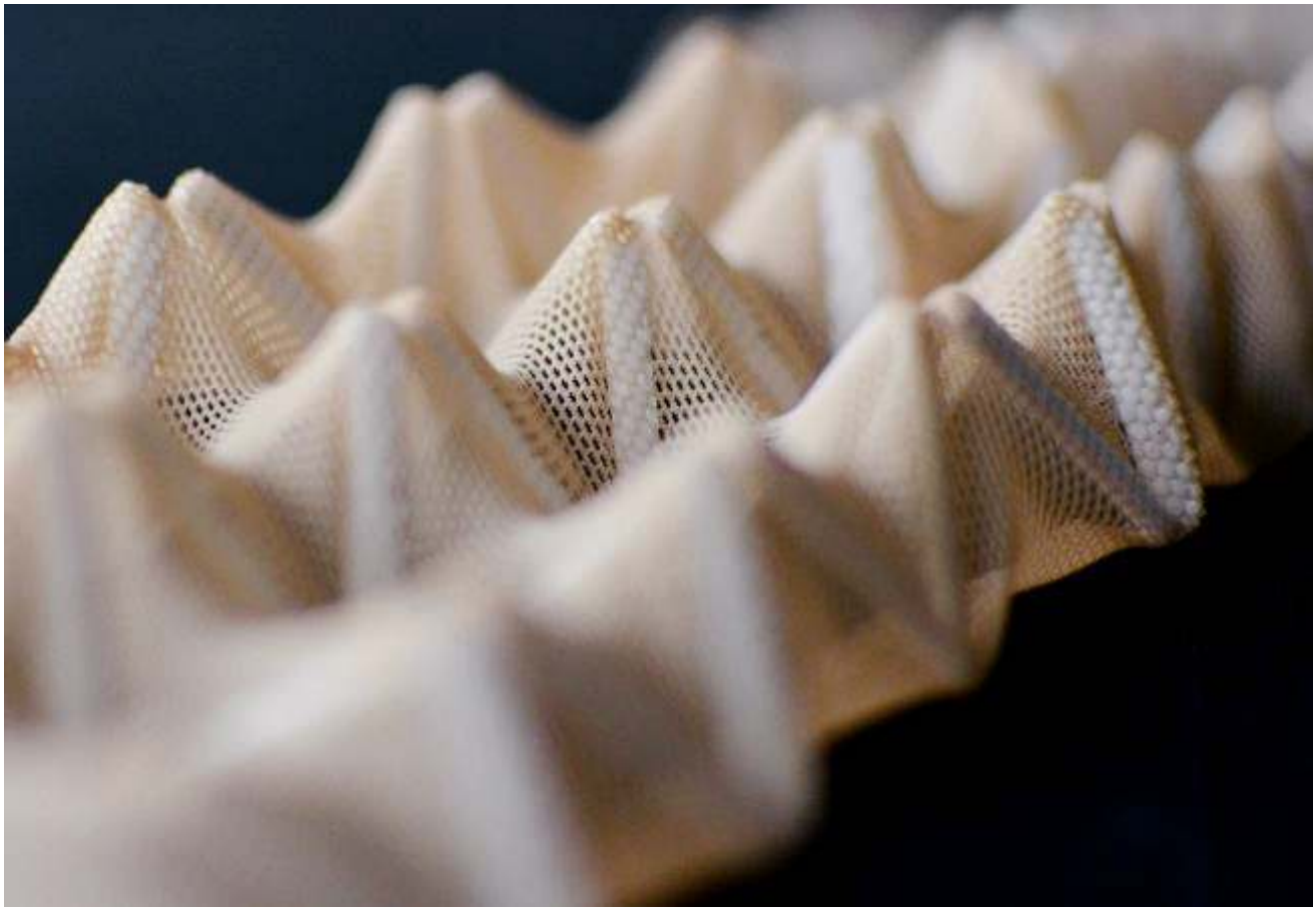
3D принтирането на двуизмерни десени с добавена дебелина върху традиционен текстил има потенциал за създаване на триизмерни структури единствено чрез стратегическо усвояване на геометрията и качествата на материалите и на структурата на текстилната основа. Такъв пример е принтирането на десени, често състоящи се от контури, върху основа от, например, трикотаж, която е предварително изпъната. След като върху изпънатия текстил десенът бива 3D принтиран, ако е от по-твърд материал, той „капсулира“ предварително изпънатите участъци и ги задържа в изпънато състояние дори след принтирането. Еластичността на не-принтираните участъци на текстила предизвиква „събиране“ на текстила в тези зони, което е в противовес на изпънатите. Така обработената повърхност изглежда и се държи доста по-различно от необработената.

Дизайнерката и изследователка Агата Кисия (Agata Kycia) разработва „самооформящ се текстил“ ('self-shaping textile') чрез „*3D принтиране* на по-малко еластичен материал като термопластичен полимер върху еластичен, предварително стресиран плат. След отпускане на напрежението, платът се трансформира в триизмерна текстилна структура. Форми, създадени по този начин, са чисто изобразяване/ представяне на техните материални свойства, енергията, съхранявана в тях и силите, действащи върху тях“. [23] Целта на Кисия е чрез минимална технологична намеса и количество материал да създаде текстил с „оптимизирано действие на структурата“, [23] „триизмерни текстилни композити“ [23] с търсено приложение в архитектурата.

Чрез такъв тип техника качествата на традиционния плетен текстил като мекота, еластичност и характерната за него структура от взаимосвързани примки, трудно постижима с други техники, се комбинира с твърда, нееластична поддържаща структура. По такъв начин двата вида материалност - тази на мекия текстил и на 3D принтираната структура от твърд материал - си взаимодействат и се допълват, подчертавайки взаимно силните си страни. Получава се един нов тип повърхност, която е нетипична само по себе си, и същевременно има характер и на традиционен текстил, и на нетрадиционна за текстила триизмерна форма.

Редица дизайнери в момента работят с тази техника. Сред тях е нидерланското дизайн студио LABELEDBY. ***Фигура 22*** изобразява триизмерна текстилна структура, получена чрез 3D принтиране на плоскостен линеарен

десен от синтетичен материал върху предварително обтегнат трикотажен текстил. На изображението е видим 3D принтираният материал в бял цвят. При процеса на 3D принтиране материалът се загрява и втечнява, проникваайки през ажурите и интегрирайки се в структурата на текстила. След като материалът изстине и се втвърди, той започва да действа като стопер, непозволяващ платът да се върне към нормалното си състояние. Когато процесът на 3D принтиране приключи, обтегнатият текстил се отпуска и придобива триизмерна структура. Части от него се свиват до нормалното си състояние, докато други остават перманентно изпънати поради вторичното структуриране чрез 3D принтиране.



Фигура 22 Триизмерна текстилна структура, получена чрез 3D принтиране на плоскостен линеарен десен от синтетичен материал върху предварително обтегнат традиционен трикотажен текстил. Разработка на нидерландското дизайн студио LABELEDBY.
Източник: https://2018.manifestations.nl/en/portfolio/english-labeledby-fashion-industry-4-0/

Фигура 23 Триизмерна текстилна структура, получена чрез 3D принтиране на плоскостен линеарен десен от синтетичен материал върху предварително обтегнат трикотажен текстил.
Разработка на нидерландското дизайн студио LABELEDBY.
Източник: https://materialdistrict.com/material/3d-print-on-stretch-fabric/labeledby-3d-print-on-stretch-fabric-pla1283-8/

Фигура 24 Триизмерна текстилна структура, получена чрез 3D принтиране на плоскостен линеарен десен от синтетичен материал върху предварително обтегнат трикотажен текстил.
Разработка на нидерландското дизайн студио LABELEDBY.
Източник: https://materialdistrict.com/material/3d-print-on-stretch-fabric/labeledby-3d-print-on-stretch-fabric-pla1283-8/

6. Заключение

Бяха разгледани само малка част от съвременните проучвания върху 3D принтирането като технология за дизайн на текстил и повърхности, преглеждайки дизайнерски подходи за реализирането на този замисъл. Аспекти като дизайн на структурата, мащабирането й, материали бяха разгледани и анализирани, за да се определят някои от взаимоотношенията между структура, материал, функция и естетика.

3D принтирането има потенциал за обогати сферата на дизайна на текстил и повърхности с разнообразна естетика и функционалност. Характерът на тази технология е подходящ за реализацията на структури, нетрадиционни за областта на текстила и за функционални повърхности, които съчетават някои от характеристиките на текстил, като например гъвкавост, еластичност, поемане на формата на обекта, върху който е поставен. Дизайн на текстил и повърхности, реализиран в подобни на или нетипични за текстила мащаби и материали има потенциално приложение в технически текстил, мода, архитектура, космонавтика и др., както и във всички области, при които функционалността и естетиката на повърхността на даден обект или продукт е от съществено значение.

Уточнения

Части от доклада са презентирани по време на конференцията „ДИЗАЙН § ПРИЛОЖНИ ИЗКУСТВА“, организирана от Национална художествена академия, София, октомври 2021 г. Части от доклада са предадени за публикация в сборника от конференцията. http://design-and-applied-arts.eu/index.html

Всички преводи на цитирани източници са мои собствени.

Всички авторски права на използваните изображения са собственост на авторите им, цитирани в източниците.

РЕФЕРЕНЦИИ

[1] Oropallo, William & Piegl, Les. (2015). Ten challenges in 3D printing. Engineering with Computers. 32. 10.1007/s00366-015-0407-0.

[2] Bastian, A. Mesostructured Cellular Materials. [Internet, Personal Web Page] Date not listed. [Accessed 2022 Sep 8] Available from:
https://andreasbastian.com/Mesostructured-Cellular-Materials

[3] Melnikova, R., Ehrmann, A., & Finsterbusch, K. (2014). 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer materials. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 62. 012018. 10.1088/1757-899X/62/1/012018.

[4] Davis, Felecia. (2012). 3D Printed Textiles from Textile Code: Structural Form and Material Operations. SIGraDi 2012 [Proceedings of the 16th Iberoamerican Congress of Digital Graphics] Brasil - Fortaleza.

[5] Partsch, Leonie & Vassiliadis, Savvas & Papageorgas, Panagiotis. (2015). 3D Printed Textile Fabrics Structures. 5th International Istanbul Textile Congress 2015: Innovative Technologies “Inspire to Innovate”, September 11th - 12th 2015 Istanbul, Turkey

[6] Iris van Herpen. Voltage. [Internet, personal webpage]. Date and author of the text not listed. [Accessed 2022 Sep 10] Available from:
https://www.irisvanherpen.com/collections/voltage Превод - мой.

[7] Google Arts and Culture. “Ready Made” Micro Dress. Paco Rabanne Spring/summer 1970 [Internet]. Publication date not listed [cited 2021 Oct 23]. Available from:
https://artsandculture.google.com/asset/%E2%80%9Cready-made%E2%80%9D-micro-dress-paco-rabanne/3QGAme-AbgG2OA?hl=en

[8] The Met. Dress. 1967. Paco Rabanne. [Internet] Publication date not listed [cited 2021 Oct 23]. Available from:

https://www.metmuseum.org/art/collection/search/145899
[9] Mower, Sarah. Vogue. Paco Rabanne Fall 2018 Ready-To-Wear [Internet]. 2018 March 1 [cited 2021 Oct 23]. Available from:
https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2018-ready-to-wear/paco-rabanne#review
[10] Mower, Sarah. Vogue. Paco Rabanne Fall 2017 Ready-To-Wear [Internet]. 2017 March 2 [cited 2021 Oct 23]. Available from: Mower, Sarah. Vogue. Paco Rabanne Fall 2018 Ready-To-Wear [Internet]. 2018 March 1 [cited 2021 Oct 23]. Available from:
[11] The Met. Coat. Late 1960s. Paco Rabanne. [Internet] Publication date not listed [cited 2021 Oct 23]. Available from:
https://www.metmuseum.org/art/collection/search/80028354?img=2
[12] Mistry, M. Paco Rabanne Spring 2012 Ready-to-Wear. In: Vogue Runway. [Internet] 2011 Oct 3. [Accessed 2022 Sep 8] Available from:
https://www.vogue.com/fashion-shows/spring-2012-ready-to-wear/paco-rabanne#review
[13] Gurcum, Banu & Borklu, Huseyin & Sezer, H. Kursad & Eren, Oğulcan. (2018). Implementing 3D Printed Structures as the Newest Textile Form. Journal of Fashion Technology & Textile Engineering. s4. 10.4172/2329-9568.S4-019.
[14] Chua, Jasmin Malik. NASA Eyeing 'Chain Mail' Fabric for Use in Space [Internet]. Space.com, 2017 May 04. [Cited 2021 Oct 18]. Available from:
https://www.space.com/36719-nasa-chain-mail-space-fabric.html
[15] Stinson, Liz. NASA's Wild Fabric Is Basically Chain Mail From the Future [Internet]. Wired.com, 2017 Jun 16 [cited 2021 Oct 18]. Available from:
https://www.wired.com/story/nasa-fabric-chain-mail-from-the-future/
[16] Danit Peleg. 3D Printing Fashion: How I 3D-Printed Clothes at Home [video on the Internet]. 2015 Jul 22 [Cited 2021 Oct 21]. Available from:
https://www.youtube.com/watch?v=3s94mIhCyt4
[17] Danit Peleg. 'Liberty Leading the People' [Internet]. Tel Aviv: Danit Peleg, 2015. [Cited 2021 Oct 18]. Available from:
https://danitpeleg.com/liberty-leading-the-people-2/
[18] Sun, Lushan. (2018) "Instilled: 3D Printing Elastic Lace", International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings 75(1). Available from:
https://www.iastatedigitalpress.com/itaa/article/1355/galley/1228/view/
[19] Stoilkova, Dafna. (2021) Cutting as an Innovative Approach to Textile and Surface Design. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Available from:
https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1188/1/012006/pdf
[20] Schumacher, Christian & Marschner, Steve & Cross, Markus & Thomaszewski, Bernhard. (2018). Mechanical characterization of structured sheet materials. ACM Transactions on Graphics. 37. 1-15. 10.1145/3197517.3201278.
[21] Sabantina, Lilia & Kinzel, Franziska & Ehrmann, Andrea & Finsterbusch, Karin. (2015). Combining 3D printed forms with textile structures - Mechanical and geometrical properties of multi-material systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 87. 10.1088/1757-899X/87/1/012005.
[22] Burn, K., Vettese, S., & Shackleton, J. (2017). An exploration of the sustainable and aesthetic possibilities of 3D printing onto textiles as an alternative to traditional surface decoration, utilising cellulosic material. In Circular Transitions Proceedings, (141 - 154) Available from:
https://www.napier.ac.uk/~/media/worktribe/output-1302539/an-exploration-of-the-sustainable-and-aesthetic-possibilities-of-3d-printing.pdf

[23] Agata Kycia. Self-Shaping Textiles: Form-finding of tensile surface structures through 3D printing on pre-stressed fabric [Internet]. 2018 Sep 09 [cited 2021 Oct 21]. Available from: https://agatakycia.com/2018/09/10/3d-printing-on-textiles-as-means-of-material-informed-design-strategy-for-performative-building-envelopes/.

EDITORIAL BOARD

Assoc. Prof. Ivelin Rahnev, PhD, editor
Assoc. Prof. Maria Spasova, PhD, IP - BAS, Sofia, technical editor

Prof. Hristo Petrov, PhD, TU - Sofia
Prof. Maya Bogdanova, PhD, NAA - Sofia
Prof. Andreas Charalambus, PhD, TU - Sofia
Prof. Snejina Andonova, PhD, SWU - Blagoevgrad
Prof. Radostina A. Angelova, DSc, TU - Sofia
Assoc. Prof. Anna Georgieva, PhD, UCTM - Sofia
Assoc. Prof. Desislava Grabcheva, PhD, UCTM - Sofia
Assoc. Prof. Stela Baltova, PhD, IBS - Botevgrad
Assoc. Prof. Zlatina Kazlatcheva, PhD, FTT - Yambol
Assoc. Prof. Kapka Manasieva, PhD, VFU - Varna
Assoc. Prof. Rumen Russev, PhD, FTT - Yambol
Assoc. Prof. Krasimir Drumev, PhD, TU - Gabrovo
Assoc. Prof. Ivelina Vardeva, PhD, U-t Prof. Dr. A. Zlatarov-Burgas
Dr. Nezabravka Popova-Nedyalkova, NBU - Sofia

FOREIGN SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Jean-Yves Drean, DSc, UHA-ENSISA-LPMT, Mulhouse, France
Prof. Alenka Majcen Le Mareshal, DSc, UMaribor, Slovenia
Prof. Dr. Yordan Kyosev, DSc, TU-Dresden, Germany
Prof. Goran Demboski, PhD, U "Ss. Cyril and Methodius" - Skopje, N Macedonia
Assoc. Prof. VU Thi Hong Khanh, PhD, HUST - STLF, Vietnam
Prof. Saber Ben Abdessalem, PhD, ENI-Monastir, Tunisie

INFORMATION FOR AUTHORS

RULES FOR DEPOSITING AND PUBLISHING ARTICLES

Submission of a manuscript should be addressed to the Editorial Office via e-mail (textilejournal.editor@fnts.bg), the paper should be written in Bulgarian from Bulgarian authors and in English (working language) for foreigners.

Copyright Transfer Agreement must be signed and returned to our Editorial Office by mail, fax or e-mail as soon as possible, after the preliminary acceptance of the manuscript. By signing this Agreement, the authors warrant that the entire work is original and unpublished, it is submitted only to this journal and all the text, data, Figures and Tables included in this work are original and unpublished and have not been previously published or submitted elsewhere in any from. Please note that the reviewing process begins as soon as we receive this document. In the case when the paper has already been presented at a conference, it can be published in our magazine only if it has not been published in generally available conference materials; in such case, it is necessary to give an appropriate statement placed in Editorial notes at the end of the article.

General style and layout

Volume of a manuscript submitted should not exceed 12 standard journal pages in single column (3600 characters page), including tables and figures. Format is MS Office Word (normal layout). The editors reserve the right to shorten the article if necessary as well as to alter the title.

Title of a manuscript should not exceed 120 characters.

Full names and surnames of the authors, as well as full **names of the authors' affiliation** – faculty, department, university, institute, company, town and country should be clearly given. Corresponding author should be indicated, and their e-mail address provided.

Abstract of a manuscript should be in English and no longer than one page.

Key-words should be within 4-6 items.

For papers submitted in English (any other working language), the authors are requested to submit a copy with a title, abstract and key words in Bulgarian.

Figures and illustrations with a title and legend should be numbered consecutively (with Arabic numerals) and must be referred in the text. Figures should be integrated in the text with format **JPG at 300 dpi minimum,** and in **editable form.**

Tables with a title and optional legend should be numbered consecutively and must be referred in the text.

Acknowledgements may be included and should be placed after Conclusions and before References.

Footnotes should be avoided.

References (bibliography) should be cited consecutively in order of appearance in the text, using numbers in square brackets, according to the **Vancouver system.**

ТЕКСТИЛ И ОБЛЕКЛО

НТС по текстил, облекло и кожи

www.tok.fnts.bg

ISSUE 2/2022

CONTENTS

UDC

745/749 APPROACHES TO THE DESIGN OF FLEXIBLE STRUCTURES FOR TEXTILE AND SURFACES MANUFACTURED BY 3D PRINTING: A REVIEW OF TENDENCIES
Dafna STOILKOVA 33

https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2022.0002.01

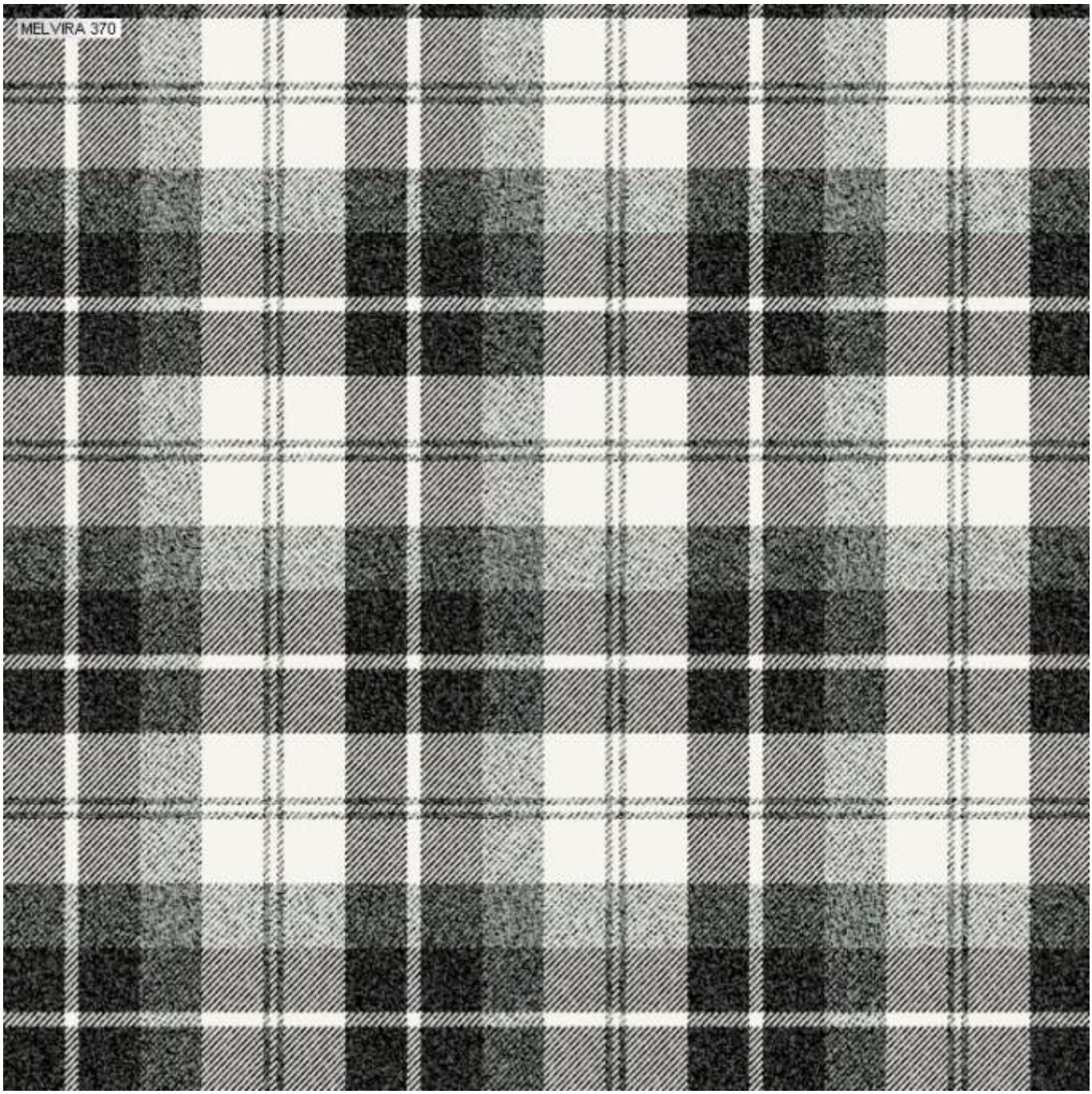
Subject area. The papers reflect developments and solutions in textile science and practice. They refer to one of the UDC topics:
33, Economics. Economic sciences.
377, Special Education. Vocational education. Vocational schools.
378, Higher Education / Higher Education Institutions.
677, Textile Industry. Technology of textile materials.
678, Industry of High Molecular Substances. Rubber industry. Plastic industry.
687, Tailoring (apparel) Industry.
745/749, Applied Art. Art Crafts. Interior. Design.
658.512.23, Artistic design (industrial design).

Address: Bulgaria, 1000 Sofia, 108 G. S. Rakovski str., room 407, tel. +359 2 980 30 45
e-mail: textilejournal.editor@fnts.bg
www.bgtextilepublisher.org

ISSN 1310-912X (Print)
ISSN 2603-302X (Online)
https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2022.0002

Bank account:
Scientific Engineering Union of Textile, Garment and Leathers
VAT identification number: BG 121111930
Account IBAN: BG43 UNCR 9660 1010 6722 00

Prepress and Printing:
COMPASS AGENCY Ltd.


MELVIRA 370

PIRIN-TEX