



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

Машинно-технологичен факултет

**Катедра: Технология на машиностроенето и
металорежещи машини**

Маг. инж. Николай Петков Острев

**БЪРЗО ПРОТОТИПИРАНЕ И ИЗРАБОТВАНЕ НА LED
ОСВЕТИТЕЛНИ ТЕЛА**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен
"ДОКТОР"

Област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.1. Машинно инженерство

Научна специалност: (02. 01. 10.) Технология на машиностроенето

**Научен ръководител: Проф. д-р инж. Петър Иванов Хаджийски
Проф. д-р инж. Георги Димитров Тодоров**

СОФИЯ, 2017 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Катедрения съвет на катедра „ТММ“ към Факултет „МТФ“ на ТУ-София на редовно заседание, проведено на 05.06.2017 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 26.10.2017 г. от 17,00 часа в Конферентната зала на БИЦ на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-265 / 05.07.2017 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. проф. д-р инж. Георги Тодоров Попов – председател
2. проф. д-р инж. Петър Хаджийски – научен секретар
3. проф. д-р инж. Иван Андонов Георгиев
4. проф. д-р инж. Ангел Антонов Диков
5. доц. д-р инж. Евстати Лефтеров Лефтеров

Рецензенти:

1. проф. д-р инж. Георги Тодоров Попов
2. доц. д-р инж. Евстати Лефтеров Лефтеров

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Факултет „МТФ“ на ТУ-София, блок №3, кабинет № 3230.

Дисертантът е редовен докторант към катедра „ТМММ“ на факултет „МТФ“. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като някои от тях са подкрепени от научноизследователски проекти.

1. Вътрешния конкурс на ТУ – София 2015 г. дог. No. 152ПД0018-5.

Автор: маг. инж. Николай Острев

Заглавие: Бързо прототипиране и изработване на LED осветителни тела

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

В дисертационният труд са разгледани три основни тематични области свързани с производството на LED осветителни тела. Първата е свързана с оптималното конструиране на корпусите на LED осветителите така, че те да разсейват генерираната от светодиодите топлина. Втората област е при обработването на междуребрията на осветителните корпуси. Третата тематика е свързана с това, как да се постигне най-добър функционално-стойностен анализ при производството на LED осветители.

Няма как да не се отчете актуалността и значението на дисертационния труд, тясно свързана с икономията на електроенергия и неговия екологичен аспект. От друга страна, иновативността и елегантността на LED продуктите са неизбежна част от всекидневието на 21-ви век.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Целта е да се изследват, анализират и усъвършенстват етапите на бързо проектиране, прототипиране и производство на LED осветителни тела.

За постигането на тази цел са поставени следните основни задачи:

Да се анализират съществуващите индустриални процеси за производство на LED осветителни тела.

Да се изследват и анализират проблеми при проектиране и производство на LED осветителни тела.

Да се проведат експериментални изследвания за определяне на оптималното разстояние между ребрата и тяхното пространствено положение.

Да се моделира топлинното поведение, посредством специализирани CAE софтуери, включително използването на изчислителна динамика на флуидите – CFD.

Да се изследва възможността за използване на хибридна технология с циркуляр и палцова фреза за прорязване на междуребрията и възможностите на CAD/CAM системите за генериране на управляващи програми.

Да се осъществи икономическа обосновка на взетите решения.

Научна новост

В дисертационният труд са предложени два теоретични модела за определяне на оптималното разстояние между ребрата, както и виртуален термофлуиден модел по метода на изчислителна динамика на флуидите. Предложена е иновативна технология за обработване на тесни канали, наречена хибридна технология, комбинираща два различни по вид инструмента и подход за автоматизирано генериране на управляваща програма със специализиран постпроцесор.

Практическа приложимост

Разработена е студия за обучение на персонала по проектиране и производство на LED осветители, включваща най-важните и градивни елементи на LED осветителните тела, внедрена във фирма „БСМ“ ООД. Апробиран е подход за намаляване на грешките при проектиране и производство на LED осветителни тела, който е на база на многогодишен опит на докторанта. Определен е най-благоприятният вариант на пространствено положение на осветителното тяло чрез виртуални и реални изследвания, с което да се гарантира неговото безпроблемно функциониране и надеждност. Чрез реални и виртуални изследвания на LED осветители на фирма „БСМ“ ООД е обоснована степента на достоверност на резултатите от виртуалната топлинна симулация. Внедрена е хибридна технология за обработване на тесни канали с циркуляр и последващо дообработване на останалия след него материал с палцова фреза във фирма „БСМ“ ООД

Апробация

Основната част от експериментите са проведени в производствена и експериментална база на „БСМ“ ООД. Резултатите са апробирани в редица практически проекти. Също така част от резултатите от дисертационният труд са докладвани и дискутирани на:

Сборник доклади от XXVII Международна научна конференция „70 години МТФ“, Созопол, България;

Сборник доклади от XIII Международен конгрес „Машины, технологии, материали“, Боровец, България;

Списание на инженерните индустрии в България „Машиностроене и електротехника“ България;

Сборник доклади от XVI Национална конференция по осветление с международно участие „BulLight“, Созопол, България;

Международно изложение за осветление „Light and Bulding“, Франкфурт, Германия.

Публикации

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в 6бр. научни статии, от които 2бр. самостоятелни и една студия за обучение.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от (164) страници, като включва увод, (5) глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо (107) литературни източници, като (52) са на латиница и (55) на кирилица. Работата включва общо (95) фигури и (18) таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ НА СЪВРЕМЕННОТО СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА ЗА БЪРЗО ПРОТОТИПИРАНЕ И ИЗРАБОТВАНЕ НА LED ОСВЕТИТЕЛНИ ТЕЛА.

За да се проектират, изработят и верифицират изделия, каквито в случая са осветителните тела, е необходимо преди всичко конструкторът да бъде добре запознат с основните характеристики на елемента излъчващ светлина, а именно светодиода. С нарастването на броя на обществените поръчки, свързани с LED осветление, където изискванията (размери, материали, мощности, енергийна ефективност, степен за защита и др.) за осветителните тела са различни, се налага една тенденция за бързо прототипиране на LED осветление. Именно тук доброто познаване на характеристиките на светодиода, както и непрекъснатото следене на новите тенденции на пазара, позволяват да се реализират множество варианти на осветителни тела, от които да се избере най-рационалният.

От направения анализ на съвременното състояние на проблема при проектиране и производство на LED осветители са установени следните изводи:

1. Не е открита методологична информация за организацията и технологията на производство на LED осветителни тела.
2. Липсва обща методология за проблемите при проектиране и производство на LED осветителни тела.
3. Не са открити достатъчно подробни изследвания по отношение на охлаждането и по-специално за определяне на оптималното разстояние между ребрата и тяхното пространствено положение при LED осветители.
4. Съществуват редица изследвания относно моделиране на топлинното поведение на радиатори и на светодиоди. Няма достатъчно подробно проведени изследвания за цялостно LED осветително тяло.
5. Липсва методология за конструирането на радиатори, които да осигурят нормална работна температура на светодиодите чрез свободна конвекция.
6. Не се е наложила доминантна технология при производството на малки серии на сложни корпуси, в които е съвместен радиатор.
7. Не е открита методология, как да се постигне най-добър функционално-стойностен анализ при производството на LED осветители.

Целта е да се изследват, анализират и усъвършенстват етапите на бързо проектиране, прототипиране и производство на LED осветителни тела.

За постигането на тази цел са поставени следните основни задачи:

1. Да се анализират съществуващите индустриални процеси за производство на LED осветителни тела.
2. Да се изследват и анализират проблеми при проектиране и производство на LED осветителни тела.

3. Да се проведат експериментални изследвания за определяне на оптималното разстояние между ребрата и тяхното пространствено положение.
4. Да се моделира топлинното поведение, посредством специализирани CAE софтуери, включително използването на изчислителна динамика на флуидите – CFD.
5. Да се изследва възможността за използване на хибридна технология с циркуляр и палцова фреза за прорязване на междуребрията и възможностите на CAD/CAM системите за генериране на управляващи програми.
6. Да се осъществи икономическа обосновка на взетите решения.

ГЛАВА 2. ПРОИЗВОДСТВО НА LED ОСВЕТЛЕНИЕ

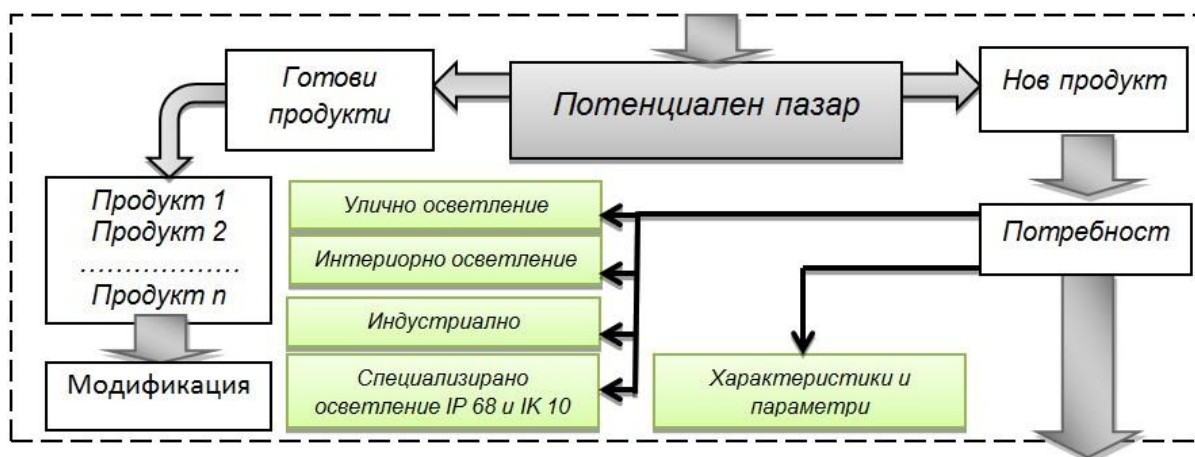
1 Анализ на производствения процес на LED осветителни тела

Доброто познаване на производствения процес намалява разходите, а същевременно повишава качеството на продукта и съответно конкурентоспособността на предприятието. Той може да се раздели условно на следните пет етапа: Потенциален пазар – анализира се търсенето и наличността, обсъжда се и се събира информация в случай, когато се създава нов продукт; Производствени решения – определя се методът, възможността и необходимите срокове за производство; Проектиране – създава се и се изпитва виртуален модел на осветителното тяло; Производство – създава се технология за производство, включваща в себе си довършителни обработки, сглобяване и изпитване; Оценка - равносметка на избраните решения и на финансовия резултат.

1.1 Първи етап – „Потенциален пазар”

В него се анализира търсенето на частния и публичния сектор на осветителни тела. Първата стъпка, която се обсъжда от производителя, касае готовите продукти и по-конкретно, кои от тях може да се ползват за посрещане на търсенето. Ако продукт от производствената гама на предприятието може да покрие изискванията и потребностите, било то и с лека модификация, то това е най-рационалният подход, тъй като общото времето за създаване на готова продукция ще е най-кратко. Ако обаче разработените продукти от портфолиото на компанията, дори след модификация, не могат да покрият изискванията, се налага да се премине към създаване на нов продукт. При създаването му първо се изхожда от потребностите на пазара. Под пазар тук трябва да се разбира – запитвания и директни поръчки от частния сектор и кандидатстване по обществени поръчки и публични покани от общественния сектор.

Когато трябва да се разработи нов продукт, първо се уточнява какво ще бъде предназначението на осветителното тяло, след това се уточняват всички характеристики и параметрите на осветителното тяло като мощност, светлинен добив, цветна температура и др. Схематично те са представени на фиг. 2.1.1.



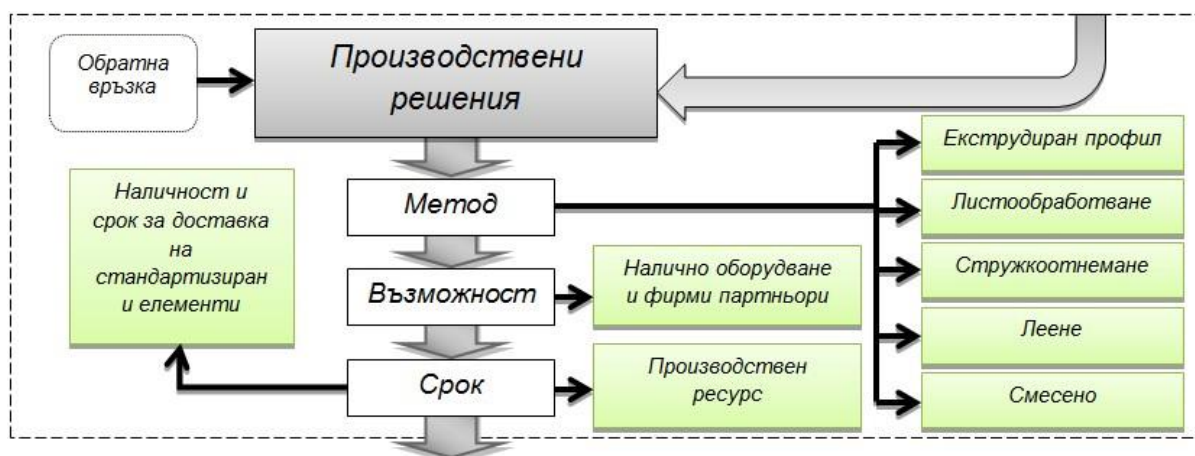
Фиг. 2.1.1 Схематично представен на етап 1

1.2 Втори етап – „Производствени решения“

В този етап на базата на събраната първоначална информация за потребностите на пазара от първия етап, трябва да се вземе решение за следните казуси:

- Какъв ще е основният метод, по който ще се произвежда продукта?
- Възможно ли е продуктът да се произведе в предприятието?
- Срокът за производство удовлетворява ли потенциалния пазар?

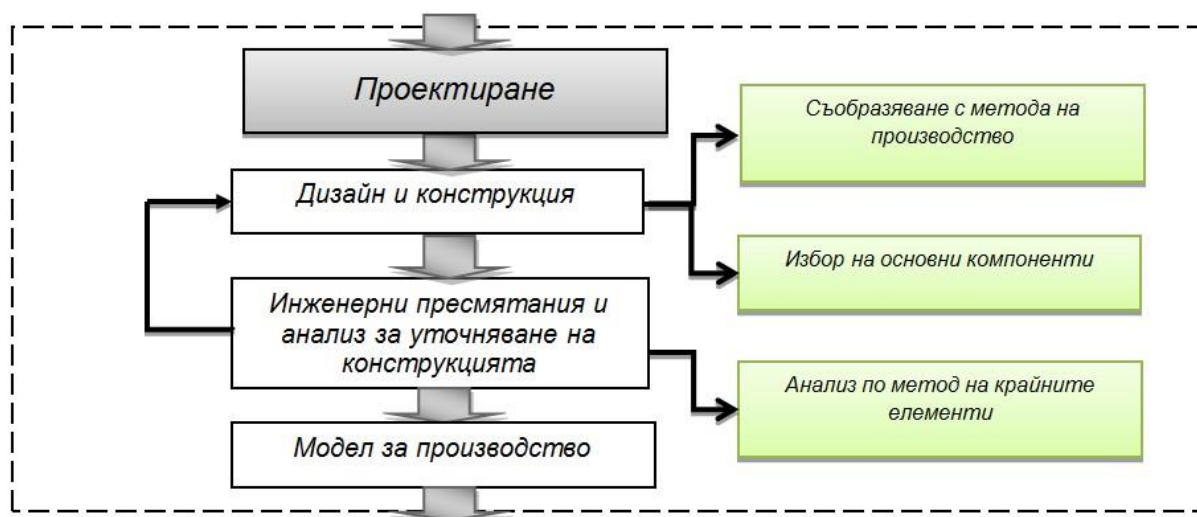
Втори етап е представен схематично на фиг. 2.1.6.



Фиг. 2.1.6 Схематично представен на етап 2

1.3 Трети етап – „Проектиране“

В него конструкторът с помощта на CAD система моделира осветителното тяло. Трябва да се обърне особено внимание на избора на основните компоненти на осветителното тяло - диоди, лещи и захранване. Те са основа за моделирането на корпуса и се избират на базата на събраната информация от първи етап, отнасяща се до параметрите на осветителното тяло. След като моделът за производство е готов, той се подлага на инженерни пресмятания и анализи. Това се извършва с помощта на CAE система. Обикновено е достатъчно да се направи топлинен анализ, за да се провери каква ще е максималната температура на реалното тяло.



Фиг. 2.1.7 Схематично представен на етап 3

1.4 Четвърти етап – „Производство“

- Производство чрез леене

Метода на леене е много производителен, следователно при големи серии, инвестицията за инструмента се възвръща бързо. Това е и причината методът да е най-подходящ за серийно производство [53].

- Производство чрез листообработване

Методът предлага възможност да се изработват детайли с изключителна точност, чистота на обработваните повърхности и отлично качеството на крайните изделия. Методът също е много производителен, има възможност за пълна автоматизация. Инструменталната екипировка е скъпа, но веднъж закупена, тя се ползва за разнообразни продукти. Процесът позволява много бърза изработка на опитни образци и прототипи [93].

- Производство чрез екструдирани алуминиеви профили

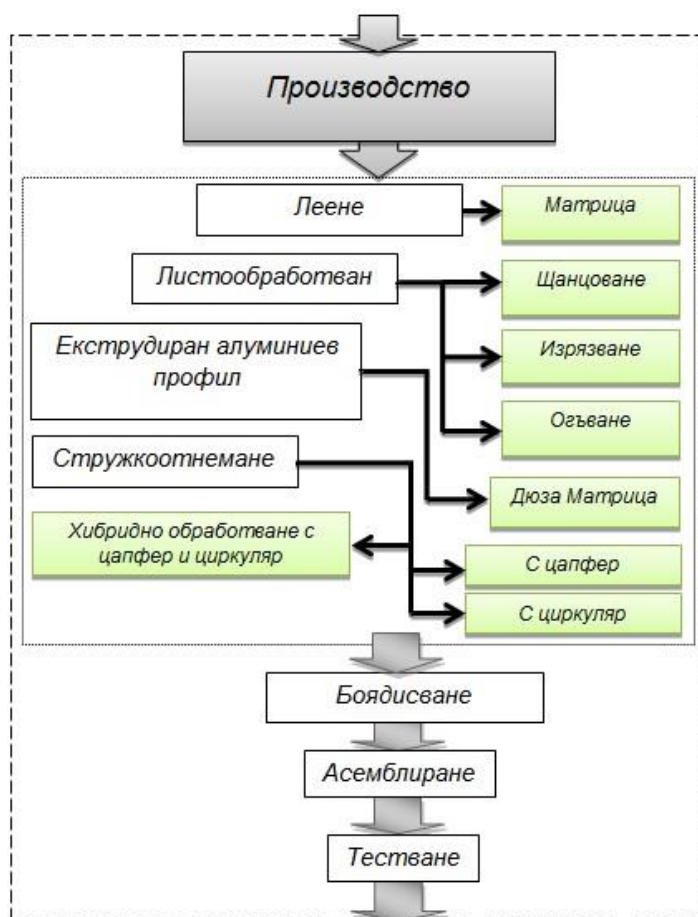
Методът на производство чрез екструдирани алуминиеви профили също се характеризира с необходимостта да се произведе инструментална екипировка. Тук обаче инвестицията за инструмента е значително по-малка, отколкото при леенето. Глобалният пазар обаче разполага с голямо разнообразие на готови профили, от което следва, че е възможно да се спести време и пари от производството на инструментална екипировка.

- Производство чрез стружкоотнемане

Методът на производство чрез стружкоотнемане намира голямо приложение поради гъвкавостта си. Характеризира се с инструментална екипировка, която не изисква големи инвестиции. Методът много често се ползва като довършващ метод след леене и изтегляне на профил, където е необходимо да се направят отвори и да се нарежат резби.

- Боядисване

След като корпусът на LED осветителното тяло е произведен по горепосочените методи, е необходимо да му се нанесе покритие. Обикновено се боядисват, но не е изключено и анодиране, поцинковане, никелиране и др.



Фиг. 2.1.8 Схематично представен на етап 4

- Изпитване

Изпитването е от различен характер, първите образци или прототипът се изпитват в център за изпитване и европейска сертификация, от където се получава сертификат за продукта, отговарящ на изискванията на ЕС за безопасност, здраве и опазване на околната среда. Схематично представяне на фиг. 2.1.8.

1.5 Пети етап – „Оценка“

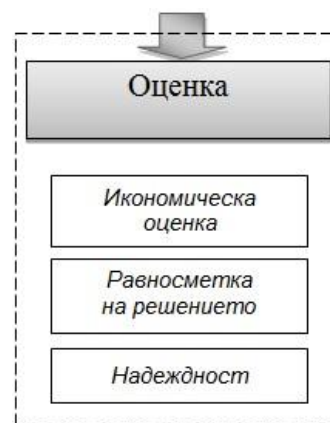
В него се прави равностетка на избраните решения и на финансовия резултат. В икономическата оценка се изчислява какви инвестиции са направени за производството на дадения продукт. Определя се и себестойността на изделието. В равностетката се проверява дали произведеното осветително тяло отговаря действително на зададените изисквания. Последно се тества надеждността на изделието. Схематично той е представен на фиг. 2.1.9.

2 Проектиране на LED осветителни тела

2.1 Видове проектиране

Проектирането е творческа реализация на техническия замисъл на изделието, функционалната му структура и технология на производство [78].

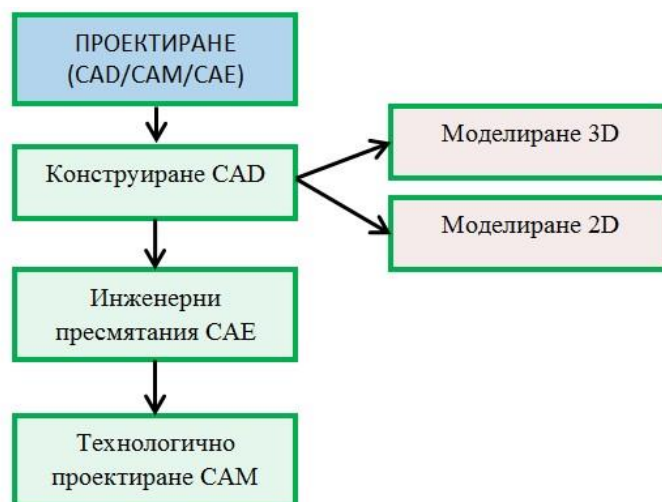
Често в машиностроенето под проектиране се има предвид автоматизирано проектиране, което обхваща трите основни направления - CAD/CAM/CAE (фиг. 2.2.1).



Фиг. 2.1.9 Схематично представен на етап 5

- Сглобяване

Следва сглобяване на осветителното тяло, където всички основни компоненти се сглобяват към корпуса. Процесът може да се автоматизира, но инвестицията е изключително голяма и много често не е оправдана.



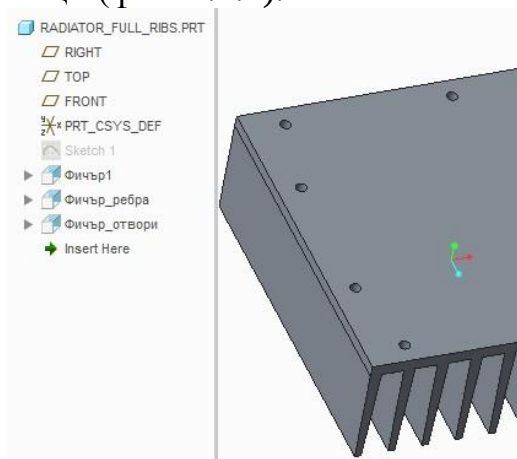
Фиг. 2.2.1 Основни направления на проектирането

2.3 Моделиране на LED осветителни тела

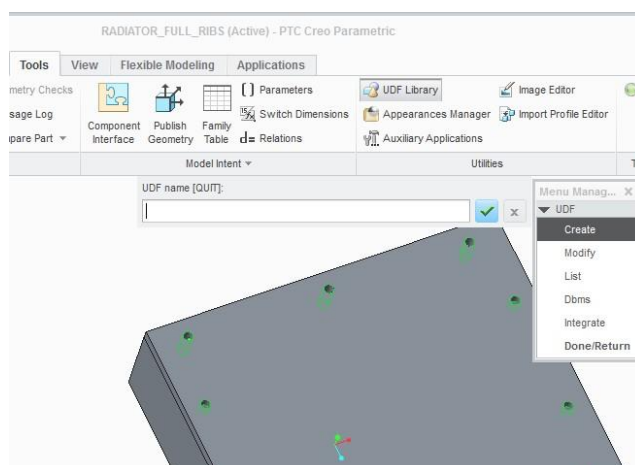
В практиката се наблюдават няколко начина на моделиране. Те се отнасят за всички области на производството, а не само за LED осветителни тела. Те зависят главно от поставените условия, от това колко опитен е конструкторът и колко добре владее CAD моделиера.

2.3.4 Моделиране с User Define Futures (UDF)

Голямо улеснение при моделиране се наблюдава при използване на предварително създадена база данни, съдържаща градивните елементи на един модел. Това са така наречените фичъри, които са изградени на базата на скици (фиг. 2.2.7).



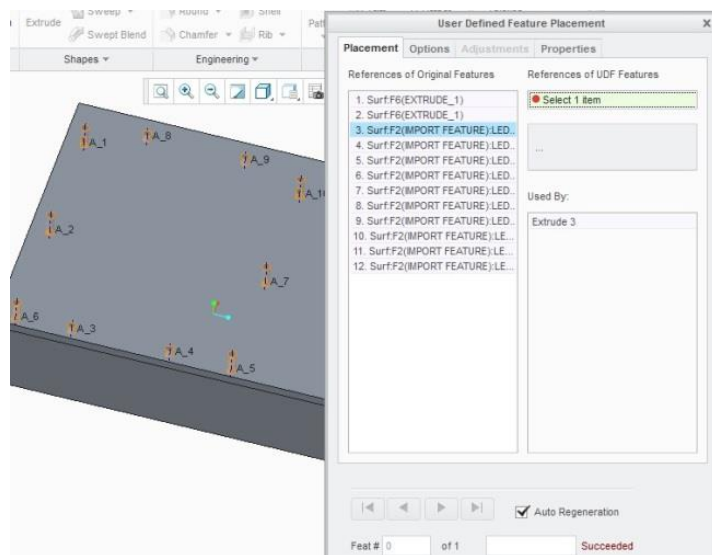
Фиг. 2.2.7 Фичъри



Фиг. 2.2.8 Създаване на фичър

За да се използва една база от данни е необходимо преди всичко тя да бъде създадена. За осветителни тела най-често в такава база данни се съдържат фичъри на стандартните елементи, изграждащи осветителното тяло, като скрепителните отвори на платките и лещите, и т.н.

На фиг. 2.2.8 е показано създаването на UDF за отворите на леща LEDlink 24Led. Въвежда се името на фичъра и се задават референтни повърхнини. След като UDF е вече създаден, той може да се вмъква във всеки един детайл, както е показано на фиг. 2.2.9



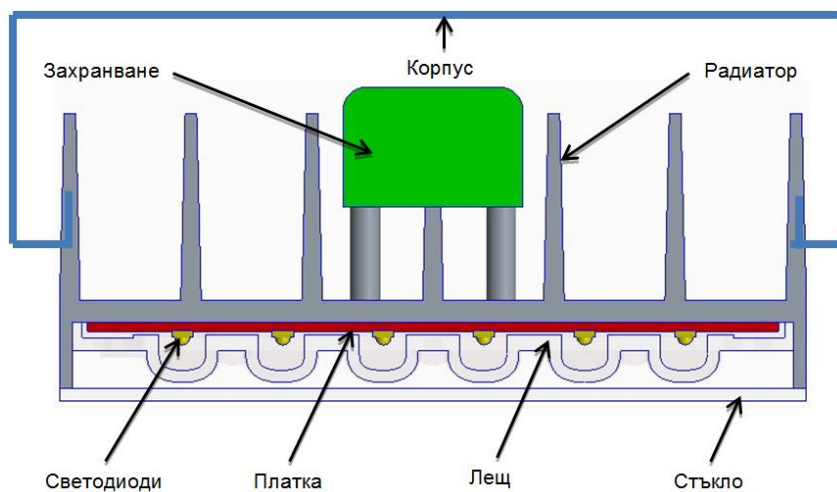
Фиг. 2.2.9 Вмъкване на фичър

3 Изследване и анализ на проблеми при производство

Много често в практиката се налага нови осветителни тела да се изследват и анализират. Това се прави с цел да се предотвратят грешки от проектирането в следващи разработки на осветителни тела.

3.1 Проблеми с конструкциите на LED осветители

Основните елементи, от които е изградено LED осветително тяло са: корпус, радиатор, светодиоди, платка PCB, лещи, защитно стъкло и захранване. Схематично са показани на фиг. 2.3.1 Целта на корпуса е да защити електронните елементи от вода, влага и механични повреди. Точно поради тази причина, конструкторите изпитват най-голяма трудност при проектирането му. От тук се изяснява какъв е основният проблем на конструкциите, а именно - как те да се проектират.



Фиг. 2.3.1 – Основни елементи на LED осветително тяло

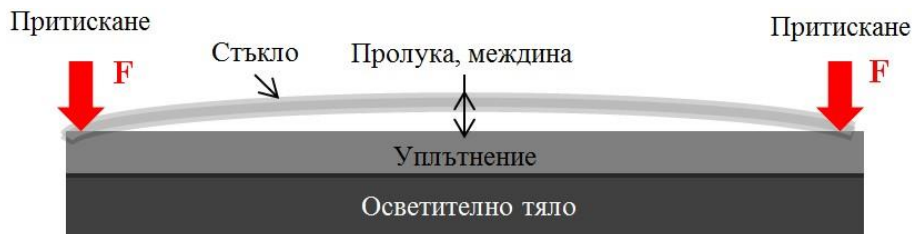
3.3 Уплътняване на осветителни тела

Преди всичко уплътняване на осветителни тела се налага поради факта, че водата поврежда електронните компоненти. Въпреки че тя е с относително

нисък коефициент на електропроводимост $\sigma = 0.01 \text{ S/m}$ [99], въпросната вода обикновено не е чиста, а съдържа различни минерали или мръсотия, които провеждат електричеството. Друг съществен проблем е, че водата окислява електронните елементи и алуминиевия корпус. Получилият се окис Al_2O_3 и FeO е електропроводим.

Наблюдават се затруднения при уплътняване на осветителните тела за постигане степен на защита по-голяма от IP65. Уплътненията се измерват по скала за твърдост Shore A, 0-100 единици, като колкото е по-голямо числото, толкова е по-твърдо уплътнението (фиг. 2.3.7).

Колкото и твърдо да изглежда стъклото, то се огъва в местата на притискане, като се получава пролука, междина, през която преминава вода (фиг. 2.3.8). За да се избегне това, се препоръчва използването на уплътнения с Shore A 30. Също така при уплътняване на осветителни тела със стъкло и уплътнение с твърдост около 40 шора е необходимо притискащите механизми на стъклото да се разполагат на разстояния, не по големи от 100 mm, при дебелина на стъклото 4 mm. 150 mm за стъкло 5 mm и 200 mm за стъкло 6 mm.



Фиг. 2.3.8 Пролука, междина между стъкло и уплътнение

4 Изводи

1. Предложено е производственият цикъл да се класифицира условно на пет етапа. Всеки един от тях се анализира и се отбелязват слабите места, местата, където се допускат най-много грешки.
2. След анализиране на конструкциите и методите за тяхното получаване се установява, че при големи серии най-голяма част от корпусите на уличните LED осветители се произвеждат чрез отливане.
3. Определени са най-често използваните методи за производство на LED осветителни тела в зависимост от тяхното практическо приложение.
4. Установено е, че най-голяма трудоемкост се наблюдава при конструиране на съвместени в едно тяло радиатор и корпус на LED осветител.
5. В практиката, след виртуален анализ се предлага реално валидиране на новопроектираните LED осветители с цел да се предотвратят грешки при следващо проектиране.
6. На база на проведени изследвания се препоръчва LED осветителните тела да са уплътнени с уплътнител с твърдост 30 Shore A, а не с течен силикон, полимер или др.

ГЛАВА 3. ТОПЛИННО ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА КОРПУСИТЕ НА LED ОСВЕТИТЕЛНИ ТЕЛА

С навлизането на LED осветлението на масовия пазар се наблюдава едно изменение на корпусите на осветителните тела спрямо досега познатите конвенционални тела (за луминесцентни, халогенни, с нажежаема жичка и др. лампи). При конвенционалните лампи максималната допустима температура е няколко пъти по-висока от тази при LED. Това е и главната причина, техните корпуси да нямат охлаждаща част, докато при LED се наблюдават такава и то ясно изразена.

Мотивите за изследване и анализиране на топлинното поведение на LED осветители е, че се наблюдава неправилно оразмеряване на радиаторите, което води до неспособност да се разсее отдадената топлина или до преоразмеряване, което води до по-тежко и по-голямо тяло. И двата случая главно водят до загуби за производителя, които към момента са много важни за конкурентоспособността на едно предприятие. При топлинно оразмеряване на корпусите на LED осветителни тела се цели да се покажат подходи, по които конструкторите, разработващи мощни LED осветителни тела, трябва да се ръководят при определяне на конструктивните параметри на радиаторите или на радиаторната част от корпуса, ако са съвместени в един корпус.

1 Определяне на оптималното разстояние между ребрата при свободна конвекция. Теоретично и практическо решение

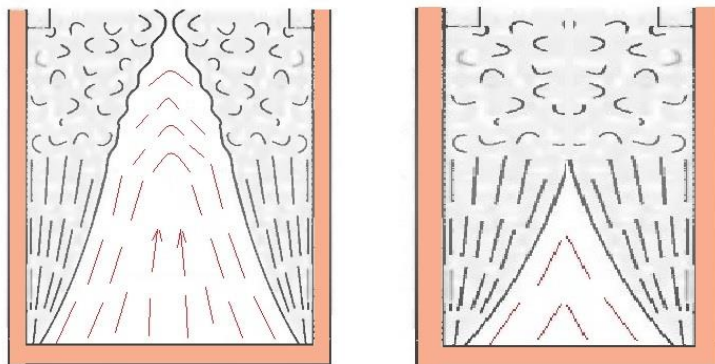
Дори и с цялата еуфория около охлаждането чрез принудената конвекция, много приложения в електронната индустрия все още са зависими от охлаждане чрез свободна конвекция. Естественото изплуване на топлия въздух позволява на конструкторите да избягват използването на принуденото охлаждане, повишавайки надеждността и намалявайки себестойността на продукта. За съжаление поради вискозитета на въздуха разстоянията между ребрата при свободна конвекция трябва да бъдат такива, че да се избегне „задушаването“ на граничните слоеве [43] [44] [77].

Оптималното разстояние, с което се постига най-добра температурна ефективност, зависи от дебелината на граничния (повърхностния) слой на молекулите застоял въздух. Тези молекули задържат топлина в радиатора, като увеличават повишаването на температурата му.

Интерференцията (наслагването) на тези слоеве от двете страни на канала, наричано още напълно изграден поток, забавя отвеждането на топлината и предизвиква задушаваш ефект (фиг. 3.1.1). Дебелината на тези слоеве определя коефициента на конвективен топлообмен h . Този слой от неподвижен въздух изпълнява ролята на „покривало“, изолиращо повърхността на ребрата, задържайки топлината вътре в метала и предотвратява ефекта на топлоотдаване. С един граничен слой от всяка страна на междуребрието плюс място за излизане на топлия въздух,

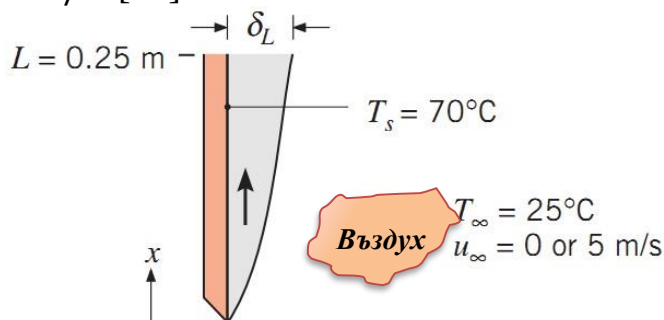
разстоянието между ребрата може да бъде значително, зависейки от дължината и повърхностната температура на радиатора [2].

Ще се разгледа как се определя дебелината δ_L на граничния слой при обтичане на вертикална пластина чрез свободна конвекция. За целта разглеждаме вертикална пластина с дължина $L = 0,25 \text{ m}$, която е нагрята до $T_s = 70^\circ\text{C}$ (фиг. 3.1.5). Пластината се намира във въздушна среда с температура $T_\infty = 25^\circ\text{C}$.



Фиг. 3.1.1 Интерференция на граничните слоеве

Първо ще се изчисли δ_L в горния край на пластината, при въздух в покой. След това ще се разгледа как дебелината на граничния слой ще се промени, ако въздухът свободно обтича вертикалната пластина със скорост $u_\infty = 5 \text{ m/s}$ [28].



Фиг. 3.1.5 Обтичане на вертикална пластина при свободна конвекция

За атмосферен въздух са използвани следните топлофизични свойства. $T_f = 320,65 \text{ K}$; $\nu = 17,95 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $\text{Pr} = 0,7$; $\beta = 3,12 * 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

При въздух в покой следва, че: $\text{Gr}_L = \frac{g \beta (T_s - T_\infty) L^3}{\nu^2} = 6,67 * 10^7$

Следователно от формула (3.10) следва, че потокът е ламинарен.

$$\text{Ra}_L = \text{Gr}_L * \text{Pr} = 6,67 * 10^7 * 0,7 = 4,67 * 10^7$$

Това означава, че може да се приложи анализът. От резултатите на фиг. 3.1.3. следва, че за $\text{Pr} = 0,7$, $\eta \approx 6,0$ в края на граничния слой, тоест $\delta \approx y$.
където:

Следователно от формула (3.11) след заместване на η и $\delta_L \approx y$ се получава:

$$\delta_{L1} \approx \frac{6L}{(\text{Gr}_L/4)^{1/4}} = \frac{6 * 0,25}{(1,67 * 10^7)^{1/4}} = 0,024 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

От фиг. 3.1.4 и от формули (3.12) и (3.13) се определя, че максимално достигнатата скорост на потока е при $f'(\eta) \approx 0,28$, следователно:

$$u = \frac{2\nu * f'(\eta) * \text{Gr}_L^{1/2}}{L} \approx 0,33 \text{ m/s}$$

За поток със скорост $u_\infty = 5 \text{ m/s}$ следва от формула (3.9):

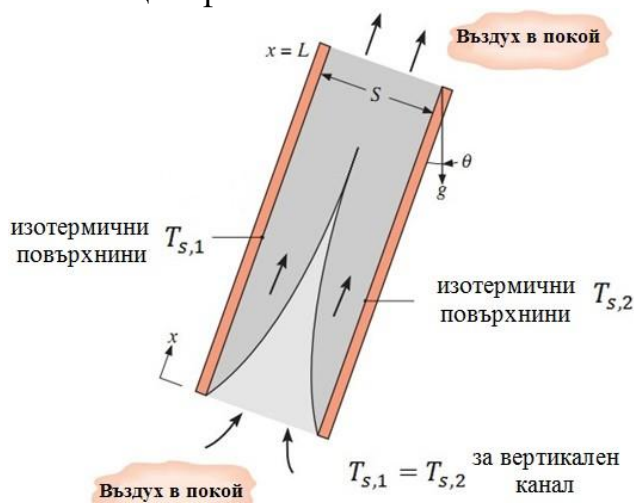
$$Re_L = \frac{u_\infty L}{\nu} = \frac{5 * 0,25}{17,95 * 10^{-6}} = 6,97 * 10^4$$

Тоест граничният поток е ламинарен. Следователно от формула (3.14) следва, че:

$$\delta_{L2} \approx \frac{5L}{Re_L^{1/2}} = \frac{5 * 0,25}{(6,97 * 10^4)^{1/2}} = 0,0047 \text{ m} \approx 5 \text{ mm}$$

Граничните слоеве при свободна конвекция имат по-ниска скорост от тези при принудена конвекция, което води и до тяхната по-голяма дебелина [28].

За по-прецизно изчисляване ще се разгледа обтичане на вертикални въздушни канали (пространството между две пластини) при свободна конвекция фиг. 3.1.7.



Уравнение (3.19) е приложимо в следните граници:

$$10^{-1} \leq \frac{S}{L} * Ra_L \leq 10^5$$

$$S_{opt} = 2,71(Ra_s/S^3 * H)^{-1/4} \quad (3.21)$$

след заместване на формули (3.3)

и (3.6) в (3.23) се получава:

$$S_{opt} = 2,659 \left(\frac{\mu * k * L}{g * \beta * (T_s - T_\infty) * c_p} \right)^{0,25} * \rho^{-0,5}$$

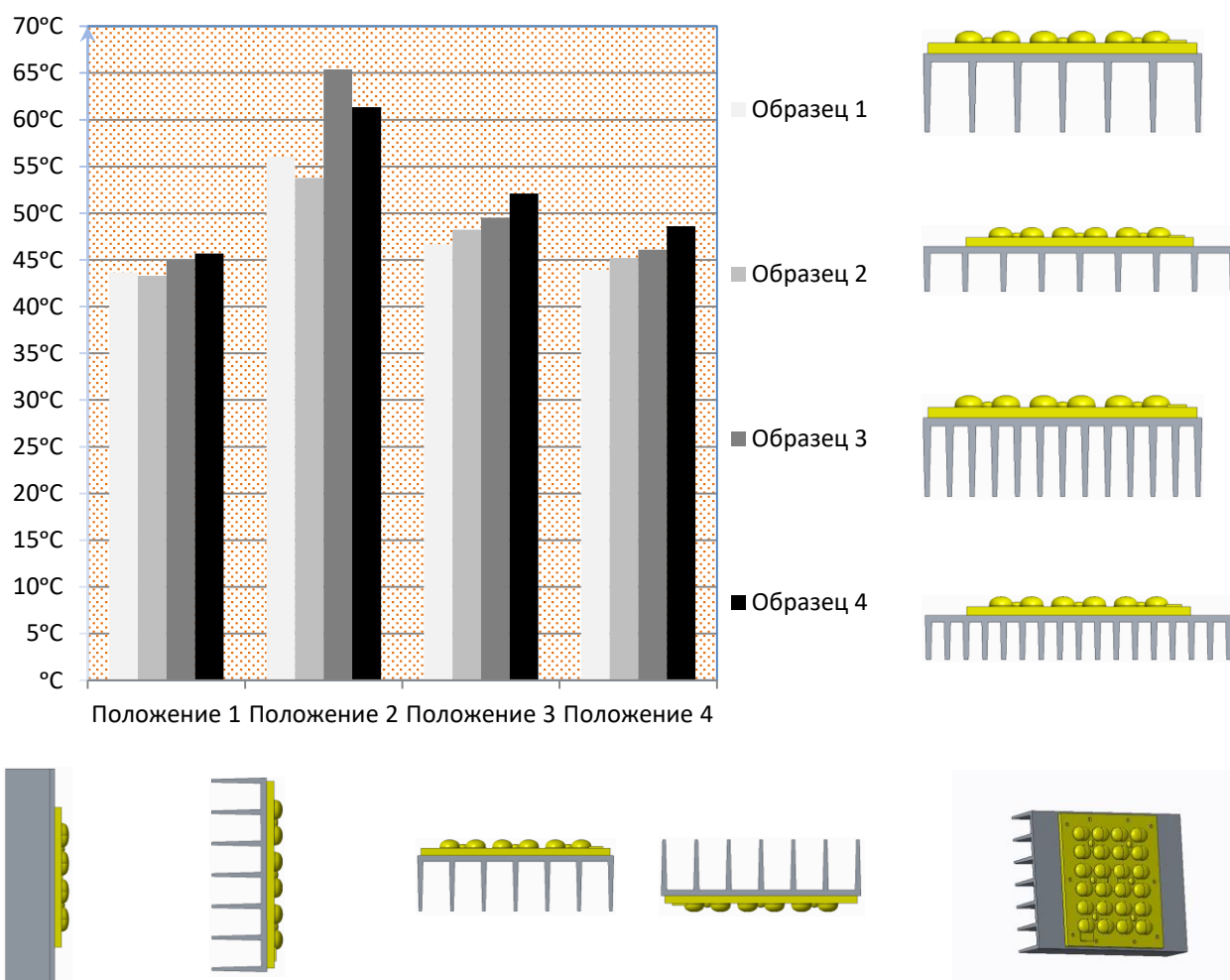
**Фиг. 3.1.7 Свободна конвекция
между две пластини**

2 Определяне конструктивните параметри на радиаторите на мощни LED осветители чрез пълен факторен експеримент

За да се придобие представа какво влияние оказва пространственото положение и геометричните размери на радиаторите може да се използва експериментален подход, наричан пълен факторен експеримент, посредством който се извеждат математически зависимости, определящи температурата на радиаторите.

Този подход се свежда до това, че за определено производство може да се проведе експеримент, който не изисква много време и ресурси, а всъщност е изключително полезен за правилното конструиране и оразмеряване на осветителните тела. За целта се изработват четири различни опитни образци, като те трябва да бъдат с приблизително еднаква площ. Първият образец се изработва с максимално дълги ребра и разстояние между тях. При втория се запазва максималното разстояние между ребрата, а височината им става минимална. Третият образец се изработва с максимална височина на ребрата и с минимално разстояние между тях. Последният, четвърти образец, се изработва с минимална височина и разстояние между ребрата. Също така експериментът трябва да се проведе на едно и също място при еднакви климатични условия. Резултатите от изследванията са представени на фиг.

3.2.1 чрез диаграма, съпроводена с фигури на образците и техните пространствени положения.



3 Изследване на осветител SLLA – 20

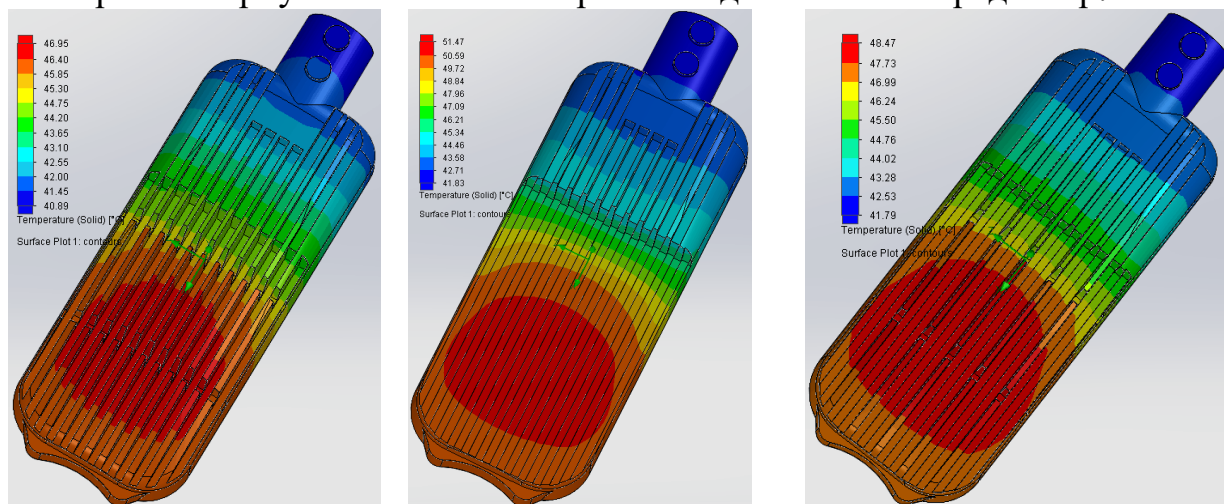
Масовото навлизане на LED осветителните тела на пазара, обвързано с повишеното търсене, доведе до производството на разнообразни осветителни тела. За годините преди 2012 г., характерно за LED осветителните корпуси беше, че те имат ясно изразени ребра за по-добро отвеждане на топлината, генерирана от светодиода. В съвременните осветителни тела изключително много се набляга на дизайнерското изпълнение. Поради тази причина LED осветителните тела придобиват сложни форми, които трудно могат да се оразмерят топлинно. Тук на помощ се появяват мощните CAD/CAM/CAE софтуери фиг.3.3.8. В таблица 3.3.4 са дадени резултати от експеримента.

Таблица 3.3.4 Резултати от трите изпитвания на SLLA-20

$T_a = 25\text{ °C}$	Оригинал	Без ребра	През ребро
Реално	47 °C	52 °C	48 °C
Структурен анализ	43 °C	52 °C	47 °C
Термо-флуиден	47 °C	51,5 °C	48,5 °C

С усъвършенстването на технологиите за производство на светодиоди се появиха такива със светлинен добив от порядъка на 200 l/w [11] [10].

Вследствие от по-големия добив се достига нужната осветеност с по-малка мощност. Тук е и моментът, когато LED осветителите започнаха да се монтират на корпуси от листов материал без допълнителен радиатор.



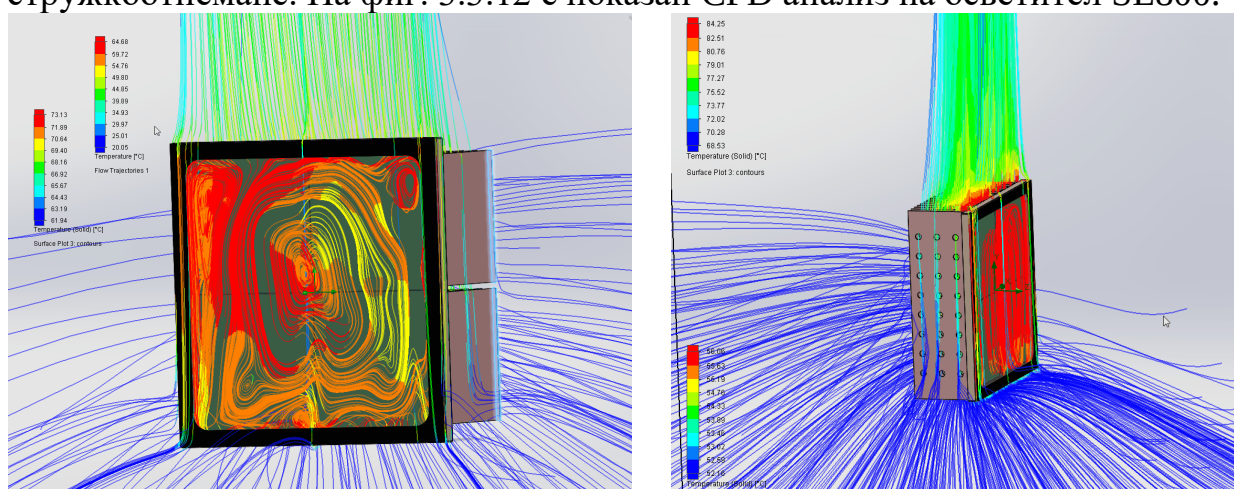
Фиг. 3.3.8 CAD модели на корпус на осветител SLLA-20

4 Извеждане на зависимост площ – мощност

За да се изведе приблизителна зависимост, каква площ е необходима за разсейването на един ват мощност, е проведено изследване, в което се използва алуминиева плоча с размери $0,4 \times 0,4 \text{ m}$.

5 Проектиране на осветително тяло SLL800-1300W

За големи спортни съоръжения като стадиони или голф игрища се изисква осветеност на игрището от порядъка на 300 lx [15]. Тази осветеност се постига с мощни осветители, тъй като височината на стълбовете е около 15 m за голф игрища и двойно повече за стадиони. Проектирането на такова осветително тяло не е лесна задача. На фигура 3.3.11 е показано LED осветително тяло SLL800 на фирма „БСМ“ ООД, което е с мощност до 1300 W . SLL 800 се нарежда в челните класации сред водещите световни фирми като Philips, Osram и др. За да бъде цената привлекателна, при SLL800 се използват два метода на производство: листообработване и стружкоотнемане. На фиг. 3.3.12 е показан CFD анализ на осветител SL800.



Фиг. 3.3.12 Проектни варианти на SLL800



Фиг. 3.3.11 LED осветител SLL800 на фирма БСМ ООД

6 Изводи

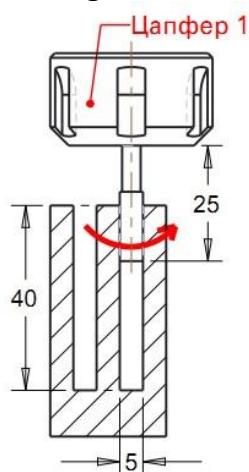
1. Предложени са два теоретични модела за определяне на оптималното разстояние между ребрата. В първия модел площта на всяко ребро се разглежда като отделна вертикална пластина, а във втория модел всяко междуребрисе разгледано като симетричен изотермичен вертикален канал.
2. Представено е изследване за определяне на най-благоприятния вариант на пространствено положение на осветителното тяло, така, че то да бъде монтирано правилно, с което да се гарантира неговото коректно функциониране и надеждност.
3. Доказано е, че по отношение на разстоянието между ребрата, явно изразено е предимството при по-голямо разстояние, при запазване на площта. А по отношение на дължината на ребрата по посока на гравитацията се наблюдава по-добро отвеждане на топлината при по-високи ребра, при една и съща площ.
4. Чрез ПФЕ са получени зависимости, отнасящи се за конкретни условия, с помощта на които се получава приблизителната температура на радиатора, променяйки конструктивните параметри.
5. Чрез реални и виртуални изследвания на LED осветители на фирма „БСМ“ ООД е обоснована степента на достоверност на резултатите от виртуалната топлинна симулация.
6. Разработен е виртуален термофлуиден модел, който улеснява проектирането на LED осветители.
7. Чрез физически експеримент е определена необходимата площ за разсейване на определена мощност.
8. Проектирано е и е произведено LED осветително тяло от висок клас с мощност до 1300 W.

ГЛАВА 4. ХИБРИДНА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА БЪРЗО ПРОТОТИПИРАНЕ

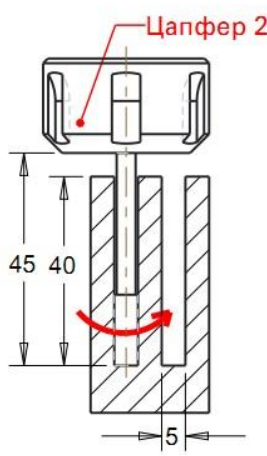
Авторът предлага една нехарактерна стратегия за обработване на канали. Можем да я наречем хибридна, тъй като в нея се използват два различни по вид инструмента. Първият инструмент е циркуляр (фиг. 4.1.1), а вторият - палцова фреза (фиг. 4.1.2).

Основното различие в двата инструмента е, че техните оси се кръстосват при обработване (фиг. 4.1.3). Това допълнително усложнява технологичната екипировка, като е необходимо допълнително завъртане на детайла на 90°. Завъртането може да се осъществи ръчно, при фрезерови машини с 2,5 и 3 управляеми оси, или автоматично при фрезерови машини с 4 и повече оси [17] [18] [21].

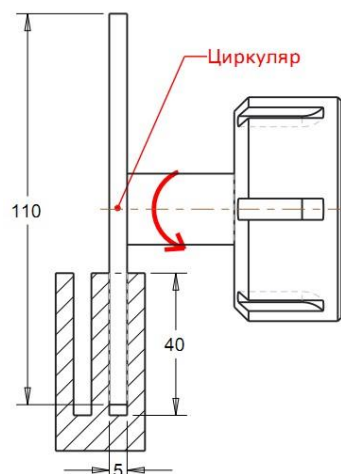
Мотивът за създаването на тази хибридна технология за обработване на междуребрата на корпусите на LED осветителните тела е, че се очаква да се намали производственото време.



Фиг. 4.1.3а
Цапфер едно с
дължина 25 mm



Фиг. 4.1.3б
Цапфер две с
дължина 45 mm



Фиг. 4.1.3с Циркуляр
ф 110 mm

1 Основни сведения за циркулярите

Тъй като циркулярите не са обект на подробно разглеждане в машиностроенето, ще бъде представен кратък обзор, обхващащ най-важните характеристики на циркулярите.

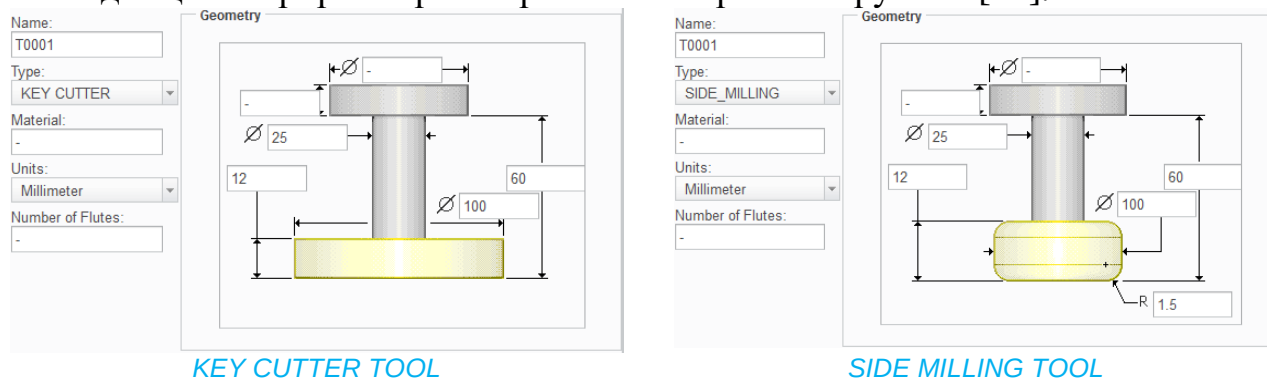
2 Приложение на CAD/CAM системи за генериране на управляващи програми

След като бяха уточнени възможните случаи за прорязване на междуребрата с циркуляр (фиг. 4.1.5), е необходимо да се генерират управляващи програми. При първия случай (фиг. 4.1.5а), когато ребрата са отворени от двете страни генерирането на управляваща програма може да се осъществи автоматично чрез CAM системата. При случаи две и три е необходимо допълнително обработване на остатъчния материал - фиг. 4.2.2.

В Creo MFG няма възможност потребителят да избира сред инструментите циркуляр. Има обаче начин да се генерира автоматично

управляваща програма, като се използват инструменти от вида на дисковите или каналните фрези (SIDE MILLING и KEY CUTTER), показани на фиг. 4.2.1.

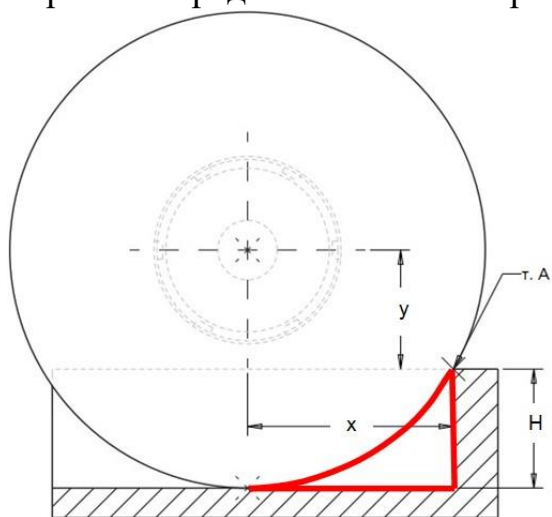
След използването на тези инструменти не може да се използват стратегии за отнемане на останалия материал, като локално фрезование от предходен инструмент или преход (Local Milling by Previous tool or Previous step) и грубо фрезование за дообработване (Re-rough), за случаите две и три, показани на фиг. 4.1.5b и фиг. 4.1.5c. За целта се предлагат подходи за автоматично определяне на останалия материал след циркуляра и последващо генериране траекторията на втория инструмент [17].



Фиг. 4.2.1 Дискови фрези в Creo MFG

2.1 Изчертаване на скица с траектория на инструмента

Изчертаването на траекторията на втория инструмент – палцова фреза, трябва да бъде съобразено с останалия материал от циркуляра. Следователно първо се определя останалата прибавка и нейните параметри – фиг. 4.2.2.

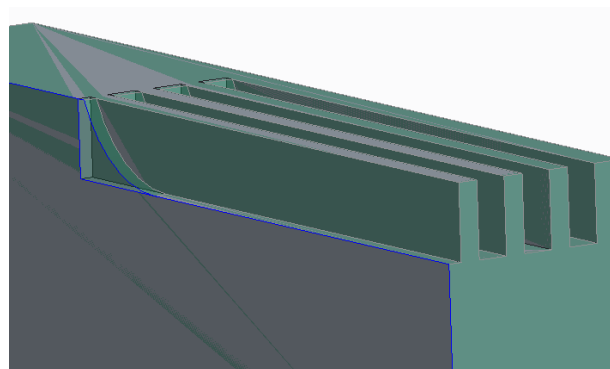


Фиг. 4.2.2 Определяне на прибавката от циркуляра

2.1 Междинна заготовка

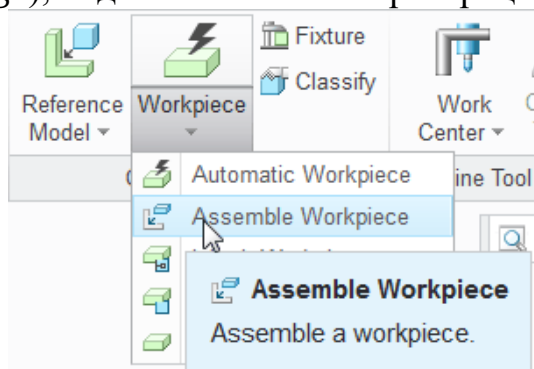
Възможно е да се генерира автоматично управляваща програма, като се използва междинна заготовка, която е необходимо да бъде създадена предварително, като отделен CAD модел.

Междинната заготовка ще отчете останалата прибавка от циркуляра и ще позволи на палцовата фреза да я обработи (фиг. 4.2.4).

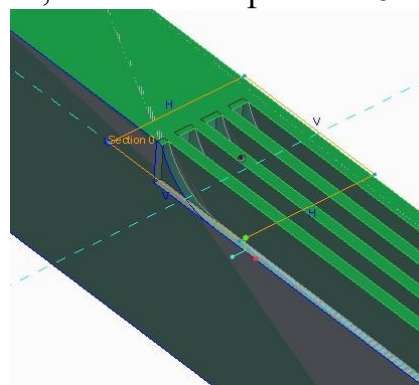


Фиг. 4.2.4 Сглобена заготовка и детайл

Моделът на заготовката се добавя в MFG, (фиг. 4.2.5), след което е възможно използването на стратегии за грубо фрезозане (Roughing и Volume rough), където се използва прозорец за фрезозане, показан на фиг. 4.2.6.

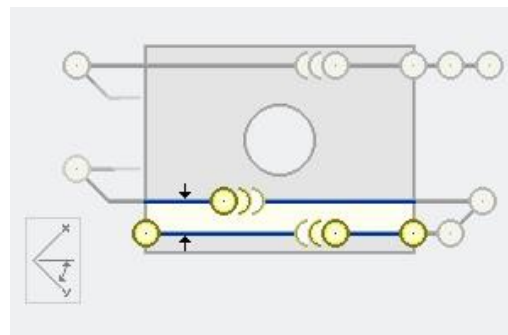
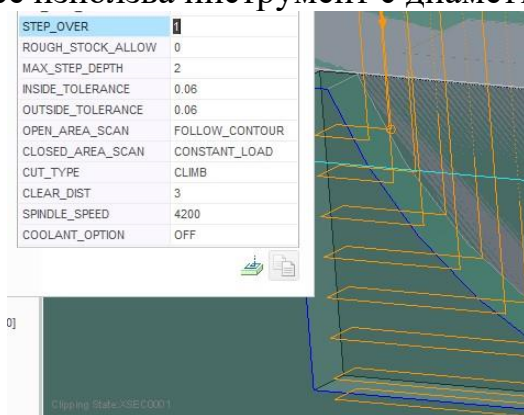


Фиг. 4.2.5 Зареждане на заготовка от CAD модел



Фиг. 4.2.6. Прозорец за фрезозане

Недостатък на този подход за генериране на CL дата файл е, че не може да се използва инструмент с диаметър равен на междуребрието.



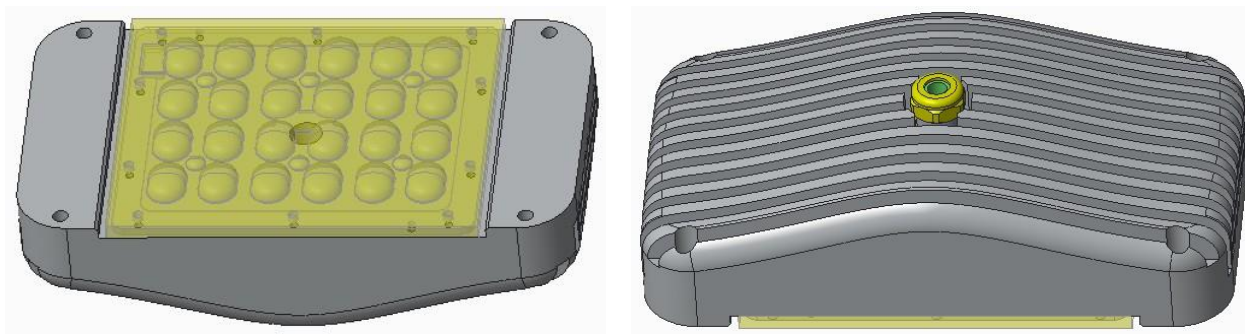
Фиг. 4.2.7 Стъпка на отместване при фрезозане

Това е така, защото стратегиите за фрезозане имат параметър – стъпка на отместване на инструмента при фрезозане (Step_Over), показан на фиг. 4.2.7, който е задължителен.

3 Изследване на хибридна технология.

Хибридната технология ще бъде сравнена с добре познатата „стандартна“ или класическа технология за обработване, с което ще се покаже до каква степен ще се повиши производителността.

За целта е създаден комплексен детайл (фиг. 4.3.1a), обхващащ всички случаи от конкретното производство, показани на фиг. 4.1.5. Този комплексен детайл представлява умален модел на осветително тяло. На него се монтират MPCB платка с 24 светодиода – Cree X-TE и оптика Ledlink LL24. Този модел е херметично затворен с уплътнение на лещата и щуцер на кабела за захранване на светодиодите, показани на фиг. 4.3.1b. Характерно се наблюдават ребра от едната страна на детайла за охлаждане на светодиодите, а от другата страна е мястото където се монтира платката със светодиодите и лещата. Поради малките размери на тялото, захранващият блок е изнесен извън корпуса.



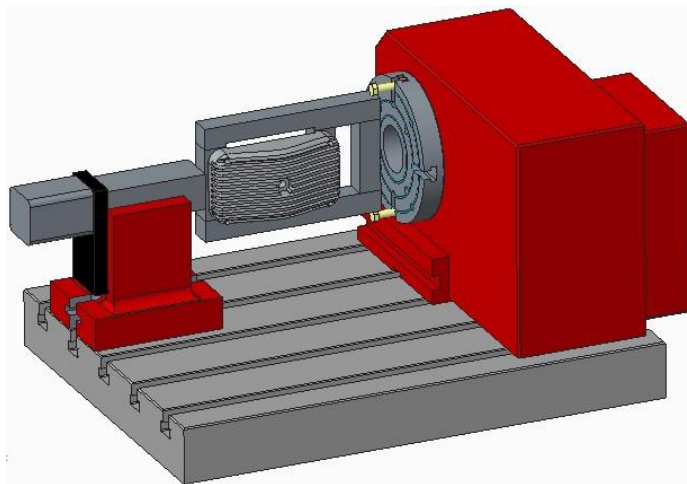
Фиг. 4.3.1b Сглобен модел на комплексен детайл

3.1 Стандартна технология за обработване

При обработване на комплексния детайл по стандартна технология е достатъчна CNC фрезова машина с 2,5 управляеми оси. За изследването е използвана машина EMCO E600 с три едновременно управляеми оси. Обработването се извършва в две позиции (фиг. 4.3.2), където се наблюдава следната последователност, описана от точка 3.1.1 до 3.1.4.

3.2 Хибридна технология за обработване на комплексен детайл

За осъществяване на хибридна технология се изисква металоуреждаща машина с 4 управляеми оси. За изследването е използвана машина EMCO E600 с инсталирана четвърта ос, която в разглеждания случай е ос А. Тя ще бъде използвана само за завъртане на детайла в необходимите позиции, показани на фиг. 4.3.7.



Фиг. 4.3.7 Сборен модел на машинната екипировка

3.2.1 Подготвителна операция

За разлика от стандартната технология, при хибридната е необходимо на подготвителната операция да се обработят челните повърхнини и четири отвора, чрез които ще се монтира детайлът върху приспособлението за обработване. Следователно преходите са четири и са показани на фиг. 4.3.9 в ляво. На същата фигура в дясно е показана симулация на обработването от VERICUT.

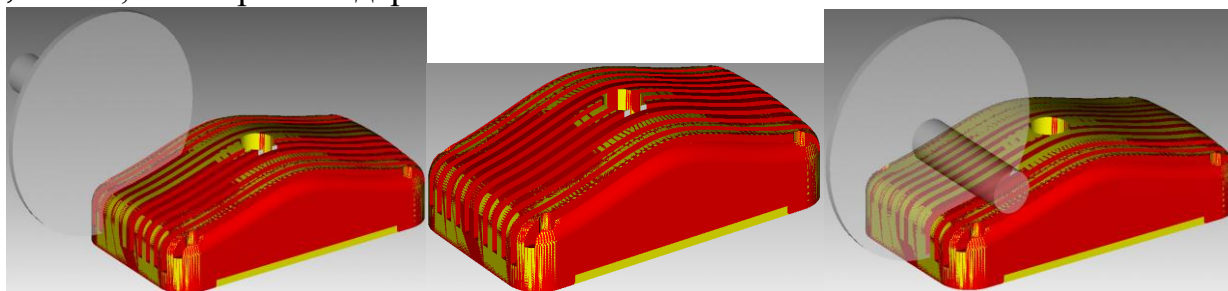
3.2.2 Първа операция

В позиция едно се изпълнява първа операция, която е разделена на четири отделни части, при едно и също установяване. Разделянето представлява комбинирано групиране на инструментални преходи за по-добро представяне

и сравняване на двете технологии за обработване. Първа част съдържа преходи за обработване на свободните повърхнини. Втора част обхваща преходите за обработване на профилните повърхнини. В трета част са групирани преходите за обработване на междуребрията с циркуляр, в последната четвърта част се обработва остатъчният материал след циркуляра.

Втора част

Във втора част се обработват профилните повърхнини. Втора част съвпада с втора част от операция две на стандартната технология. На фиг. 4.3.5 е показано групиране на преходи за обработване на профилните повърхнини. В дясно на фигурата са показани екрани от симулацията на обработване от VERICUT. Общото време за обработване при тази операция е 3,73 min, като при стандартната технология.



Фиг. 4.3.10 Преходи от първа операция, трета част – хибридна технология

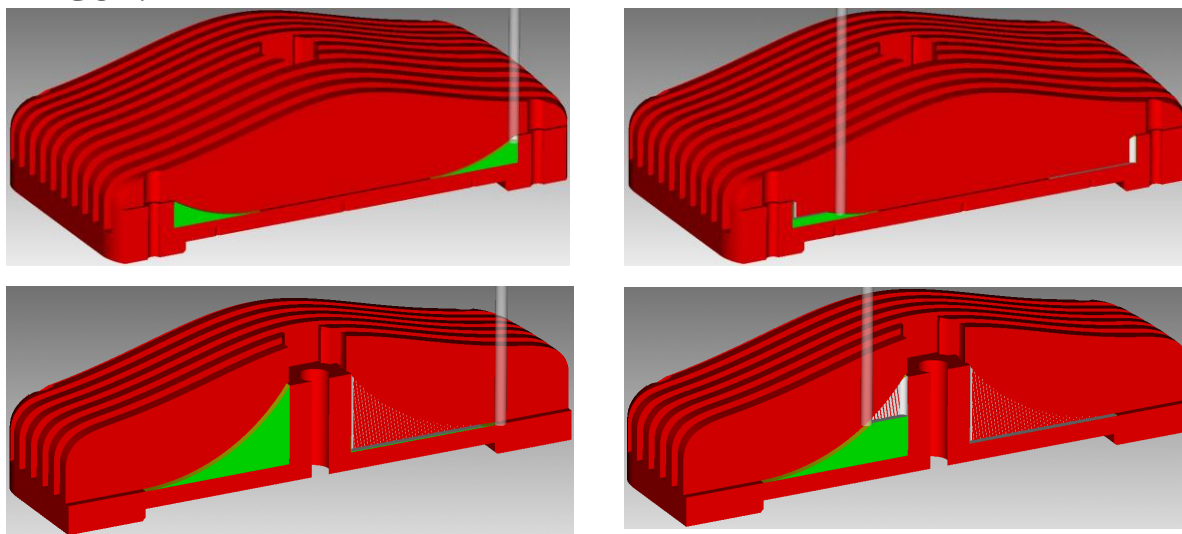
Трета част

В тази част се извършва обработка на междуребрията с циркуляр. На фиг. 4.3.10 е показано групиране на преходи за обработване на междуребрията с циркуляр и екрани от симулацията на обработване от VERICUT.

Четвърта част

В четвърта част са групирани преходите за обработване на останалата прибавка в междуребрията след обработването на циркуляра.

На фиг. 4.3.11 са показани екрани от симулацията на обработване от VERICUT.



Фиг. 4.3.11 Преходи на първа операция, трета част – хибридна технология

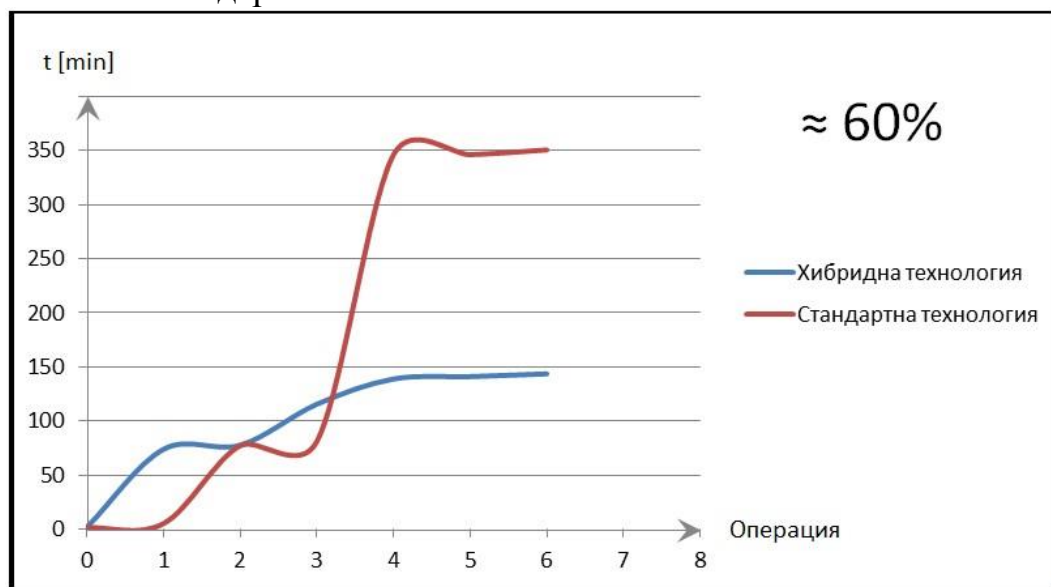
3.3 Обобщение на проведеното виртуално изследване

От проведените виртуални изследвания на двете технологии са събрани времеви резултати, показани в таблица 4.3.1. Данните са от PTC Creo 3.0 – Manufacturing.

Таблица 4.3.1. Прогнозно време за обработване на комплексен детайл с Creo MFG

Стандартна технология			Хибридна технология		
Операция		Време [min]	Операция		Време [min]
0	Подготвителна	1,25	0	Подготвителна	1,8
1	Операция 1	3,93	1	Операция 1 – част 1	72,05
2	Операция 2 – част 1	72,05	2	Операция 1 – част 2	3,73
3	Операция 2 – част 2	3,73	3	Операция 1 – част 3	37,86
4	Операция 2 – част 2	265,14	4	Операция 1 – част 4	23,36
5			5	Операция 2	2,18
6	Подготвително време	4,4	6	Подготвително време	2,5
	Общо време	350,4		Общо време	143,48

Резултатите са представени графично на фиг. 4.3.13, от където се установи, че хибридната технология е близо 60% по-производителна в сравнение със стандартната.

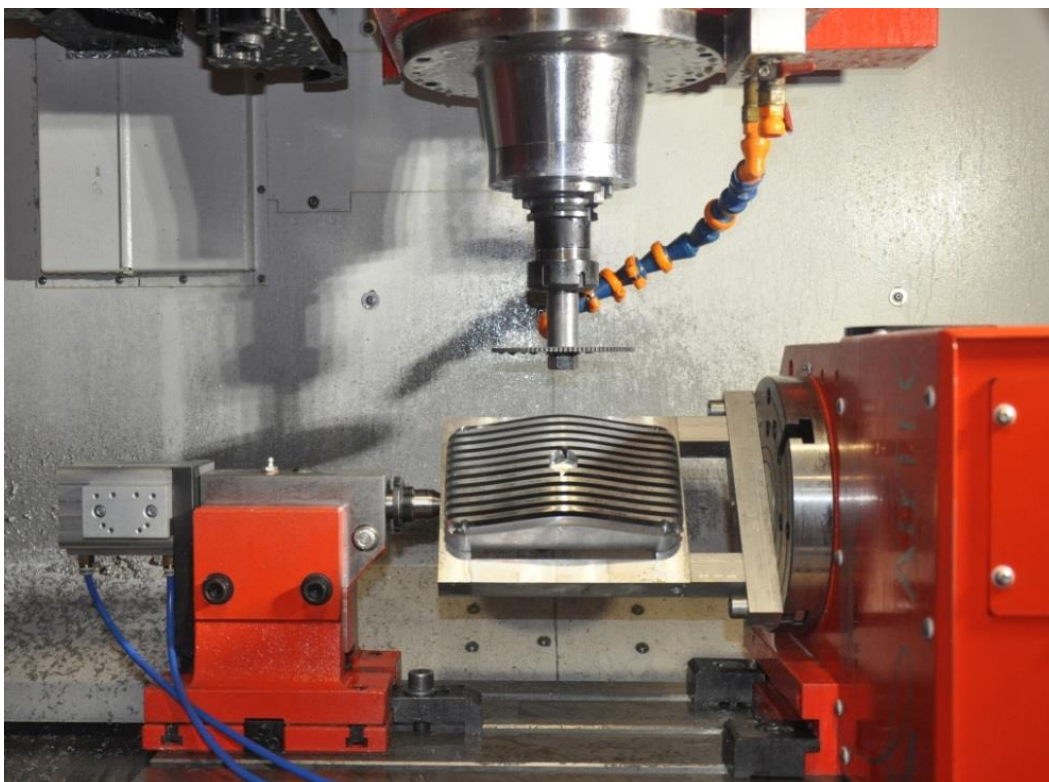


Фиг. 4.3.13 Диаграма сравняваща стандартна и хибридна технологии

4 Резултати от реално проведено изследване

След проведеното реално изпитване, освен снемане на времената за обработване, са изведени важни изводи за обработката. Снимка на работната зона е показана на фиг. 4.4.1.

Главно се наблюдава проблем с отвеждането на стружките. Използваният циркуляр от бързорежна стомана HSS на фирма Pilana е със ситни зъби, тъй като е универсален и е приложим за всички видове метали. Поради тази причина по-вreme на експеримента се наложи да се редуцира дълбочината на рязане при последните (най-дълбоките) ходове, именно заради трудността от отвеждане на стружките. Друг наблюдаван проблем е високото ниво на шума при работа на циркуляра.



Фиг. 4.4.1 Работна зона на MM EMCO E600 с четвърта ос

В таблица 4.4.1 е дадена продължителността на обработване на стандартната и хибридната технологии при реално проведено изпитване.

Таблица 4.4.1 Реално време за обработване на комплексен детайл с Creo MFG

Стандартна технология – реално изследване			Хибридна технология – реално изследване		
Операция		Време [min]	Операция		Време [min]
0	Подготвителна	3	0	Подготвителна	4
1	Операция 1	5	1	Операция 1 – част 1	75
2	Операция 2 – част 1	75	2	Операция 1 – част 2	4
3	Операция 2 – част 2	4	3	Операция 1 – част 3	120
4	Операция 2 – част 2	290	4	Операция 1 – част 4	25
5			5	Операция 2	3
6	Подготвително време	5	6	Подготвително време	3
	Общо време	6 ч. 22 мин		Общо време	3 ч. 54 мин

При първоначалното виртуално изследване беше прогнозирано около 60% по-голяма производителност за хибридната технология. Оказа се обаче, че хибридната технология е с около 40% е по-производителна от стандартната.

При обработване на останалата след циркуляра прибавка с палцова фреза не се наблюдават съществени различия спрямо виртуалното обработване. Това се дължи на доброто познаване на поведението на инструментите и натрупания опит, в следствие на който са въведени достатъчно точни режими на рязане. При обработване на комплексния детайл по стандартната технология, времената за обработване се запазват почти същите, както при виртуалното обработване. Единствено може да се отбележи, че

подготвителното време може да се удължи., ако е необходимо да се настройва координатна система за всеки детайл индивидуално.

5 Основни функции и настройване на генерализиран постпроцесор

За да може да се използва пътят, създаден от САМ системата, е необходимо да се извърши постпроцесиране, т.е. да се превърне машинно независимият път във файл с подготвителни G-команди, координати, технологични команди и т.н. в NC програма, в ISO код, управляващ конкретната машина с конкретно CNC управление [68].

6 Изводи

1. Опитно е установено, че предписаните режими на рязане могат да се ползват за дължина до 5 пъти диаметъра на фрезата. След това е необходимо те да се редуцират.
2. Предложена е иновативна технология за обработване на тесни канали, наречена хибридна технология, комбинираща два различни по вид инструмента, които взаимно се допълват.
3. Като основни недостатъци на хибридната технология може да се представят: по-сложната екипировка включваща използване на четвърта ос; необходимост от висококвалифициран персонал; необходимост от постпроцесор за генериране на NC код; ограничение за използване при определени детайли.
4. Предложен е подход за изчертаване на скица с траекторията на палцовата фреза.
5. От виртуалното изследване е установено, че хибридната технология е близо 60% по-производителна, в сравнение с палцовото фрезозане, а при реално валидиране тя е около 40% по-производителна.
6. Разработен е и е апробиран постпроцесор за фрезови център EMCO E600 с управление Fanuc 0i MD, работещ с 4 управляеми оси.

ГЛАВА 5. ИКОНОМИЧЕСКА ОБОСНОВКА НА ВЗЕТИТЕ РЕШЕНИЯ

1 Качество на продукта

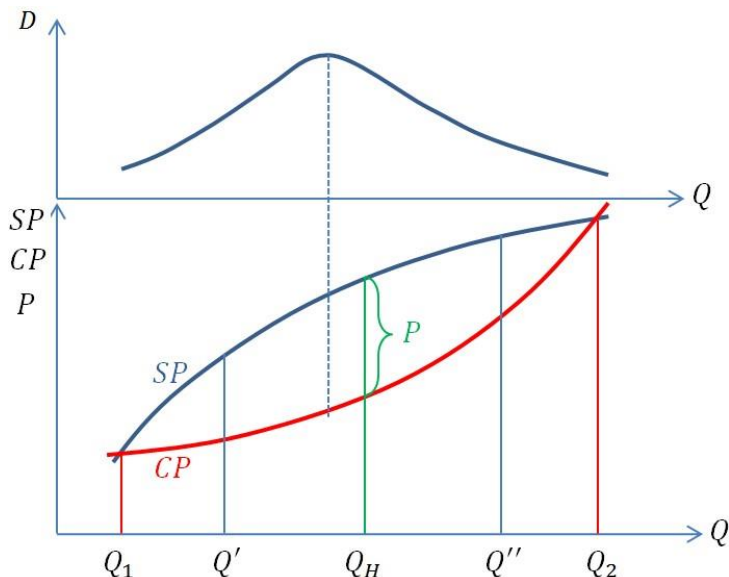
Качеството се осигурява чрез съвкупността от всички планирани и систематично осъществявани действия, необходими за създаване на увереност, че изделието ще удовлетвори дадени изисквания за качеството. За постигане на ефективност в осигуряването на качеството, непрекъснато се извършва оценяване на факторите, които влияят върху съответствието на проекта или спецификацията на операциите за производство, сглобяване и контрол [101].

Невъзможно е да се определи качеството без цената и количеството. На фиг. 5.1.1 е показано как се изменят себестойността CP (Cost Price), пазарна цената SP (Sell Price), печалбата P (Profitability) и търсенето D (Demand) с повишаване на качеството Q (Quality) за дадено предприятие, т.е. при дадени производствени технологични условия [101].

Производството ще бъде рентабилно, тоест с печалба, в границите от Q_1 до Q_2 . Когато се отчете промяната на цената от конкуренцията, и др.,

стратегията на управление на качеството на предприятието определя едни потесни граници на рентабилно производство $Q' \div Q''$. Очевидно продукция с качество Q_H е оптималното решение за даденото предприятие, защото ще е с най-голяма печалба. Но и това не е достатъчно, тъй като стопанският ефект и печалбата се определят и от оборота, който може да се реализира, т.е. и от търсенето.

На фиг. 5.1.1 е показано също и търсенето на даден вид изделия с различно качество. Това помага за дефинирането на една точна стратегия на предприятието. То трябва да развива качеството на изделията така, че да се съобразява с търсенето. Също така производствената база, технологичните процеси, управлението и др. трябва да се развиват така, че да осигуряват себестойност, която за продукцията с това качество да гарантира по-висока печалба.



Фиг. 5.1.1 Изменение на себестойността CP , пазарна цената SP , печалбата P и търсенето D с повишаване на качеството Q

Пазарното търсене се насочва към изделия с по-високо качество, което налага развитието на конструкцията на техническите показатели да бъде такова, че да се осигури изпреварващо ниво на качеството по отношение на масовия потребител [101] [82] [20].

2 Избор на технология за производство

При вземане на решение за метод на производство на един детайл, освен прогнозната бройка, е важно и предназначението на продукта [88]. В таблица 5.1.1 са дадени стойностите на цените за инструменталната екипировка на фамилия улични осветителни тела $SLLA$ и SL .

Таблица 5.1.1 Данни за улични осветителни тела на фирма БСМ ООД

	Габаритни размери [мм]	Тегло на детайла	Тегло*	P^*	X^*
SL25	355/130/55	1,4 кг	8,5 кг	30000 лв.	200
SL50	432/170/82	2,9 кг	19,7 кг	40000 лв.	130
SL100	445/238/68	4,6 кг	21,2 кг	45000 лв.	125
SL150	645/235/88	7,8 кг	39,1 кг	60000 лв.	110
SL30	395/160/70	1,5 кг	12,5 кг	25000 лв.	125
SL60	420/270/71	3,1 кг	23,8 кг	40000 лв.	115
SL80	410/220/73	2,0 кг	18,9 кг	35000 лв.	115
SL120	585/300/83x2	6,0 кг	42,1 кг x2	70000 лв.	70
SL200	650/270/81	5,9 кг	41,7 кг	60000 лв.	110

захранвания до България отнемат до 2 седмици при условие, че са на склад в Европа. Холандската фирма Philips през изминалата година намали значително цените на захранванията си, с което си осигури голям пазар в Европа. Цените се изравняват с тези на MeanWell, дори в някои случаи са по-ниски. Philips предлагат серия напълно програмируеми FP (Full Programmable) захранвания от най-висок клас, с възможности самодимиране, адресиране и др. Tridonic пък е австрийска фирма с производствени заводи в Китай за по-голяма част от продуктите си. Въпреки това, продукцията им е с високо качество.

3.2 Светодиоди – LED

Към настоящия момент най-използваните светодиоди в България са Cree, LG и Edison. Американският гигант Cree е световен лидер в производството на светодиоди. Цената им е сравнително по-висока от цените на останалите производители. Обикновено сериите XT-E и XP-G със светлинен добив до 160 lm/W са с цени около 0,7 лв/бр. за бин ВКСЗ, KD1, JD1 или подобен. XP-L със светлинен добив до 190 lm/W е тройно по-скъп - от порядъка на 2 лв/бр. Той е подходящ за високо мощни осветители, при които се изисква висока ефективност, без цената да е определящ фактор. При светодиодите LG с бин ХА, ХВ, Х9 цените са сходни, като при сериите XT-E и XP-G на Cree дори малко по-ниски. Светодиоди LG с бин Х5 и Х8 са с по-ниска ефективност, съответно и с по-ниска цена. Edison предлагат по-евтини светодиоди в сравнение с Cree и LG. Цената им е около 0,4 лв. Колкото по-малък ток протича през светодиода, толкова неговата ефективност е по-висока. Следователно, може да се използват двойно повече светодиоди, за да бъдат те по-разтоварени и да се получи по-голяма ефективност. Японската корпорация NICHIA започна да предлага светодиоди на много по-добра цена от конкурентните, наложили се на европейския пазар. В момента отзивите от производители на LED осветители са, че плавно се преминава към използване на NICHIA.

Доставките на светодиоди с високо ефективни бинове в момента са с известно забавяне, тъй като LED осветлението се използва масово и консумацията на светодиоди не може да покрие нуждите на всички производители на осветителни тела.

4 Изводи

1. Икономически обоснована при малки серии е хибридната технология.
2. Установено е, че границата, до която е rentabilно да се използва методът на производство чрез стружкоотнемане е 120бр. След тази граница е по-rentabilно да се използва метод на производство чрез леене.
3. Изборът на светодиоди и захранващи блокове, пряко свързани с използвания радиатор, определя до голяма степен себестойността на продукта, тъй като това са най-скъпите елементи в осветителното тяло.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

Научно-приложни приноси

1. Предложени са два теоретични модела за определяне на оптималното разстояние между ребрата.
2. Чрез ПФЕ са получени зависимости за пресмятане на приблизителната температура на радиатора при различни конструктивни параметри.
3. Предложен е виртуален термофлуиден модел по метода на изчислителна динамика на флуидите, който улеснява проектирането на LED осветители.
4. Предложена е иновативна технология за обработване на тесни канали, наречена хибридна технология, комбинираща два различни по вид инструмента.
5. Предложен е подход за автоматизирано генериране на управляваща програма за нуждите на хибридната технология.
6. Разработен е и е апробиран постпроцесор за фрезови център EMCO E600 с управление Fanuc 0i MD, работещ с 4 управляеми оси.

Приложни приноси

1. Предложена е процедура за изпълнение на производствения цикъл на LED осветителни тела на пет етапа, както следва:
 - Потенциален пазар;
 - Производствени решения;
 - Проектиране;
 - Производство;
 - Оценка.
2. Разработена е студия за обучение на персонала по проектиране и производство на LED осветители, внедрена във фирма „БСМ“ ООД.
3. Апробиран е подход за намаляване на грешките при проектиране и производство на LED осветителни тела.
4. Определен е най-благоприятният вариант на пространствено положение на осветителното тяло, с което да се гарантира неговото безпроблемно функциониране и надеждност.
5. Чрез реални и виртуални изследвания на LED осветители на фирма „БСМ“ ООД е обоснована степента на достоверност на резултатите от виртуалната топлинна симулация.
6. Проектирано е и е произведено LED осветително тяло от висок клас с мощност до 1300 W.
7. Внедрена е хибридна технология за обработване на тесни канали.
8. Направена е икономическа обосновка на взетите решения

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Острев, Н., Анализ на производственият процес на LED осветителни тела, XXVII Международна научна конференция „70 години МТФ“, 11-13 септември 2015, Созопол, България, Том 1, стр. 291-298, ISSN: 978-619-167-178-6;
2. Острев, Н., Изследване за определяне конструктивните параметри на радиаторите на мощни LED осветители, XXVII Международна научна конференция „70 години МТФ“, 11-13 септември 2015, Созопол, България, Том 1, стр. 299-304, ISSN: 978-619-167-178-6;
3. Хаджийски, П., Калдышев, Цв., Острев, Н., Анализ на възможностите за разработване на групови технологични процеси с CAD/CAM системи, XXVII Международна научна конференция „70 години МТФ“, 11-13 септември 2015, Созопол, България, Том 1, стр. 401-406, ISSN: 978-619-167-178-6;
4. Калдышев, Цв., Хаджийски, П., Острев, Н., Разработване на постпроцесор генериращ команда за установяване на наклонена работна равнина при машини с 5 осево управление, XIII Международен конгрес „Машини, технологии, материали“, 16-19 март 2016, Боровец, България, Том 3, стр. 84-86, ISSN: 1310-3946;
5. Хаджийски, П., Калдышев, Цв., Острев, Н., Възможности за интегриране на CAD/CAM проектирането със създаване на контролно - измервателни програми за координатно - измервателни машини (СММ), сп. Машиностроене и електротехника, бр. 5-6, година LXV 2016, стр. 17-20, ISSN: 977-0025-455-000;
6. Острев, Н., Тодоров, Г., Хаджийски, П., Икономическа ефективност при изработване на корпуси за LED осветители, сп. Машиностроене и електротехника, година 2017, ISSN: 977-0025-455-000, (под печат);
7. Острев, Н., Проектиране и производство на LED осветители, студия за обучение на персонал, 2016, БСМ ООД.

SUMMARY

Title of dissertation: RAPID PROTOTYPING AND MANUFACTURING OF LED LUMINAIRES

By MSc Nikolay Ostrev

Sofia, 2017.

The dissertation deals with three main thematic areas related to the production of LED lighting fixtures. The first area is related to the optimal design of the LED luminaire housings so they disperse the heat generated by the LEDs. The second area refers to the processing of the lumber between the luminaires. The third one relate to how to achieve the best value analysis and function analysis in the production of LED lights.

We have to take into account the relevance and importance of the dissertation which is closely related to saving electricity and its environmental aspect. On the other hand, the innovation and elegance of LED products are an important part of the everyday life of the 21st century.

The dissertation proposes two theoretical models for determining the optimal distance between the ribs as well as a virtual thermo fluid model by the method of computational dynamics of the fluids. Innovative narrow channel processing technology, called hybrid technology, combining two different instrument types and an approach to automated control program generation with a dedicated postprocessor, is proposed.

A staff training study was developed for the design and production of LED lights, incorporating the most important and building elements of the LED lighting units, implemented in the company BMS Ltd. An approach to reduce the errors in the design and production of LED lights is based on the PhD student's professional experience.

The most advantageous version of the luminaire's spatial option is defined by virtual and real-life research to ensure trouble-free operation and reliability.

The reliability of the results of the virtual thermal simulation is justified through real and virtual research of LED lights of BSM ltd. A hybrid technology for saw blade processing and the subsequent processing of the remaining material with a milling cutter were implemented in the company BSM ltd.

The main part of the experiments was carried out in production and experimental facilities of BSM ltd. The results are appraised in a number of practical projects.