

ANALYSIS OF MANUFACTURING PROCESS FOR LED LUMINAIRES

Nikolay OSTREV

Abstract: Good knowledge of the manufacturing process reduces costs while improving the quality of the product and hence the competitiveness of the enterprise. The manufacturing process leading to finished products can be divided into the following five stages: Potential Market - analyzing the demand and stock availability, an option for creating a new product is also discussed; Production Solutions - a manufacturing method is defined, the capability of manufacturing and the time frame; Design - creating and testing a virtual model of the luminaire; Production - A manufacturing technology is created. Evaluation - an assessment of the chosen solutions and financial results.

Key Words: LED lighting, CNC, manufacturing.

АНАЛИЗ НА ПРОИЗВОДСТВЕНИЯТ ПРОЦЕС НА LED ОСВЕТИТЕЛНИ ТЕЛА

Николай ОСТРЕВ

Резюме: 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; 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; Оценка - равностметка на избраните решения.

Ключови думи: светодиодно осветление, CNC, производство.

1. УВОД

Мотивът за написване на настоящата разработка е да запознае читателите с етапите от производствения процес на LED осветителни тела. Няма предприятие в България, което само да произвежда всички необходими компоненти за създаването на едно LED осветително тяло. Едни произвеждат светодиоди, втори - хранващи блокове, лещи и т.н. Повечето предприятия обаче произвеждат корпуси за LED осветители и ги асемблират до готов продукт. Всички останали необходими компоненти ги закупуват. Следователно има процес на производство, който трябва внимателно да се анализира и обвърже с потенциалния пазар.

Основният проблем тук е, че няма ясна концепция на етапите, довеждащи до готов продукт. Няма яснота как протича производственият цикъл на LED осветителни тела. Известна е частична, разпокъсана информация за определени етапи, но тя не е събрана в един цялостен производствен процес. Това от своя страна води до значителна загуба на време, довеждаща до оскъпяване на продукта; неподходяща последователност на етапите, при което дадени операции се повтарят неволно; лоша организация; разработване на нещо, което не е ясно, поради несъбрана достатъчна информация; неправилен подход и др.

Актуалността и значението на проблема са тясно свързани с нашумелите през последните години тенденции за икономия на електроенергия, съответно и повишеното търсене на LED осветители. Фирмите в България трябва да бъдат конкурентоспособни спрямо огромния азиатски пазар, бълващ евтина продукция. Несъмнено предимствата на българските предприятия са качеството и надеждността. Те обаче са свързани с повече разходи, които могат да се намалят при една добре организирана и структурирана екипна работа.

Целта е да се анализира целият производствен цикъл. От така дефинираната цел произтичат следните задачи: да се отбележат слабите места, където под слаби места се разбира местата, където се допускат най-много грешки в дадения етап; да се анализират конструкциите и методите за тяхното получаване.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Цялостният процес, довеждащ до поява на готова продукция, може да се раздели на пет отделни етапа.

2.1 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. От тук следва, че разходите ще са по-ниски, следователно крайната цена на изделието ще е по-конкурентна. 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. Тук вариантите могат да се разделят на: улично осветление; интериорно осветление; индустриално осветление; специализирано. Второ, уточняват се всички характеристики и параметрите на осветителното тяло като мощност, светлинен добив, цветна температура и др.

Схематично представяне на фиг.5.

2.2 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?*

В повечето случаи се е наложила следната тенденция за производствени методи на базата на предназначението на осветителното тяло.

Най-голяма част от корпусите на уличните лампи се произвеждат от алуминиева отливка (фиг.1), малка част заемат корпусите от екструдирани алуминиеви профили, а останалите се произвеждат чрез смесване на методите, като се включва и производство чрез листообработване.



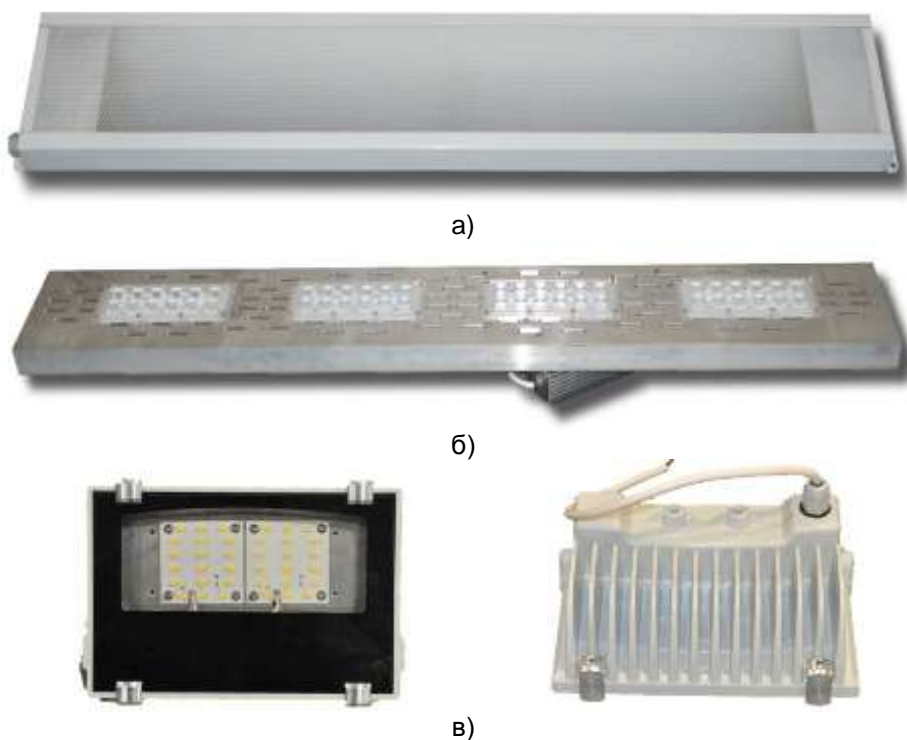
Фиг.1 Улични LED осветителни тела – алуминиева отливка на фирма „БСМ“ ООД

Корпусите на интериорните осветителни тела предимно се произвеждат от стоманен листов материал, когато се използват SMD светодиоди (фиг.2а). При използване на COB светодиоди се препоръчва екструдирани алуминиеви профили (фиг.2б), тъй като температурата е съсредоточена в точка. Някои от корпусите на интериорните осветителни тела са произведени от отливка (фиг.2в). Производство чрез стружкоотнемане почти не се среща при интериорните LED осветителни тела.



Фиг.2 Интериорни LED осветителни тела – стоманен листов материал а), екструдирани алуминиеви профили б) и отливка в) на фирма „БСМ“ ООД

При индустриалните LED осветителни тела най-широко е разпространен методът на производство на корпуси от екструдирани алуминиеви профили (фиг.3а), тъй като тук не се набляга на дизайна. Обикновено с индустриални осветителни тела се осветяват големи производствени халета, спортни игрища и други подобни, където LED осветителните тела се поставят на голяма височина и изискват сравнително голяма мощност. При ниски помещения се ползва методът за производство на корпуси чрез листообработване (фиг.3б), тъй като мощността е ниска. Разбира се, има и варианти за производство на корпуси за индустрията чрез леење (фиг.3в) в зависимост от това дали се предявява степен за защита.



Фиг.3 Индустриални LED осветителни тела – екструдирани алуминиеви профили а) стоманен листов материал б), и отливка в) на фирма „БСМ“ ООД

Корпусите на специализираните осветителни тела се произвеждат чрез стужкоотнемане (фиг.4) или леярска форма (фиг.3в), особено в случаите, когато се търси степен на защита висока от IP65. Тук осветителните тела са от най-различен характер, като се започне от декоративни осветителни тела и се стигне до джобни LED фенерчета.



Фиг.4 Специализирани LED осветителни тела за осветяване на фонтани на фирма „БСМ“ ООД

- *Възможно ли е продуктът да се произведе в предприятието?*

Извършва се анализ на възможностите на наличното машинно оборудване в даденото предприятие. Ако се окаже, че продуктът за производство изисква машинен парк, които не е наличен в предприятието, се търси решение от фирми партньори. Важно е да бъдат създадени добри отношения с фирмите партньори, което ще допринесе за съвместна работа с тях.

- *Срокът за производство удовлетворява ли потенциалният пазар?*

В повечето случаи сроковете не зависят изцяло от фирмата производител, а са обвързани с фирмите партньори и доставчици. Всички стандартизирани елементи като винтове, уплътнения, щуцери и др., в това число и основните детайли на осветителното тяло, се проверяват за наличност, ако няма достатъчна наличност се прави запитване за срок на доставка. Понякога тези срокове надминават крайния срок за предаване на готовата продукция. Този аспект в никакъв случай не трябва да се пренебрегва. Извършва се анализ на заетостта на машинния парк.

Решенията които се взимат във втори етап са на базата на предходни подобни проекти и подлежат на промяна.

Схематично представяне на Фиг.6.

2.3 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. При моделирането на корпуса трябва конструкторът добре да е запознат с методите на производство и изискванията за тях. Често се случва моделът за производство да не може да се произведе, при което се губи време за корекция. След като моделът за производство е готов, той се подлага на инженерни пресмятания и анализи. Това се извършва с помощта на САЕ система. Обикновено е достатъчно да се направи температурен анализ, за да се провери каква ще е максималната температура на реалното тяло. При по-големи, респективно по-тежки улични осветители, се препоръчва и статичен анализа за проверка на застрашени сечения. Добре е при анализите да се ползва моделът на осветителното тяло, а не само корпуса, особено при температурния анализ. При необходимост след анализите се връщаме и променяме конструкцията и дизайна на осветителното тяло, докато получим готов 3D модел за производство.

Схематично представяне Фиг. 7.

2.4 Четвърти етап – „Производство“

В него се разглежда избраният в етап две метод на производство. Самите методи няма да бъдат разгледани подробно, тъй като има достатъчно литература по въпроса. [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14]

- *Производство чрез леене*

За метода на производство чрез леене е характерно, че е необходимо да се конструира и произведе формообразуващ инструмент и леярска екипировка. Проектирането и

произвеждането на формообразуващи инструменти са едни от най-времетопоглъщащите и скъпоструващи етапи в създаването на инструментална екипировка при развитието и производството на нови продукти от пластмаса или лят под налягане метал. След като отливката се извади от формата, тя се почиства с пясъкоструйка, дробеструйка, тровал или др. машина. Следват довършителни обработки чрез стружкоотнемане: пробиване, резбонарязване и др.

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.

- *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.

- *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 спестим време и пари от производството на инструментална екипировка.

Самият метод на производство на екстудирани профили е много производителен, но за да се превърне в корпус за осветително тяло е необходима допълнителна механична обработка. Тази обработка, изразяваща се в разкрояване, оформяне, пробиване, резбонарязване и др. се осъществява чрез стружкоотнемане. Предимството му е, че е универсален метод и бързо се нагажда към конкретното търсене.

- *Производство чрез стружкоотнемане*

Методът на производство чрез стружкоотнемане намира голямо приложение поради гъвкавостта си. Характеризира се с инструментална екипировка, която не изисква големи инвестиции (фрези, свредла и др). Методът много често се ползва като довършващ метод след методите на леене и екстудирани профили, където е необходимо да се направят отвори и да се нарежат резби. Стружкоотнемането е много подходящ метод за бързо прототипиране и производство на малки серии. Голям потенциал има методът на високоскоростно фрезование (High Speed Milling) [5].

- *Боядисване*

След като корпусът на LED осветителното тяло е произведено по горепосочените методи, е необходимо да му се нанесе покритие. Обикновено се боядисват, но не е изключено и анодиране, поцинковане, никелиране и др. Същественото тук е, че преди покритие детайлите трябва да бъдат добре подготвени, в противен случай покритието пада.

- *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.

- *Изпитване*

Задължителна последна стъпка в етап четири е изпитването на осветителното тяло. 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. Обикновено осветителните тела притежават следните сертификати CE, ROHS, EN.

Всяко осветително тяло се оставя да работи определен период от време, за да се провери за фабрични дефекти.

Последва и светлотехнически анализ в специализирана лаборатория на образец за снемане на светлинните характеристики и за генериране на файл с разширение .ltd за DIALux

Схематично представяне Фиг.8.

2.5 Пети етап – „Оценка“.

Подготовката за производство на ново изделие, както и усъвършенстваанто и обновяване на производството, са свързани с комплекс от дейности [1]. В етап „Оценка“ се прави равностметка на избраните решения и на финансовият резултат.

В икономическата оценка се изчислява какви инвестиции са направени за производството на дадения продукт. Определят се и пазарните цени на изделието. Определянето на цената на крайния продукт е процес, при който трябва да се калкулира правилно себестойността и да се добави печалба. Себестойността обаче включва в себе си всички разходи на фирмата, което затруднява нейното изчисляване. Някои от величините на себестойността могат да се променят, като напр. количество на вложените материали и време за производство, без да се намалява качеството.

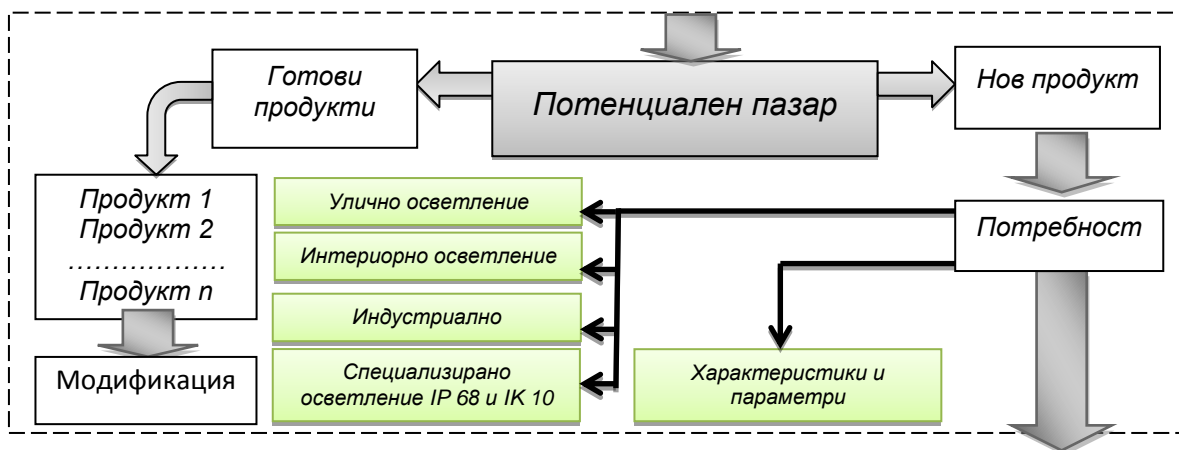
В равносметката се проверява дали произведеното осветително тяло отговаря действително на зададените критерии.

Последно се определя надеждността на изделието.

Ако някои от стъпките в етап пет не отговаря на първоначалната идея, се налага да се върнем в етап две и да направим промени. Това връщане ще отнеме време и ресурси, особено ако вече има направена екипировка за производство. За да не се стига до такива скъпо струващи връщания, се прави прототип, който да се изпита по посочените по-горе методи и след направената равносметка може да се решава дали продукта да се произвежда.

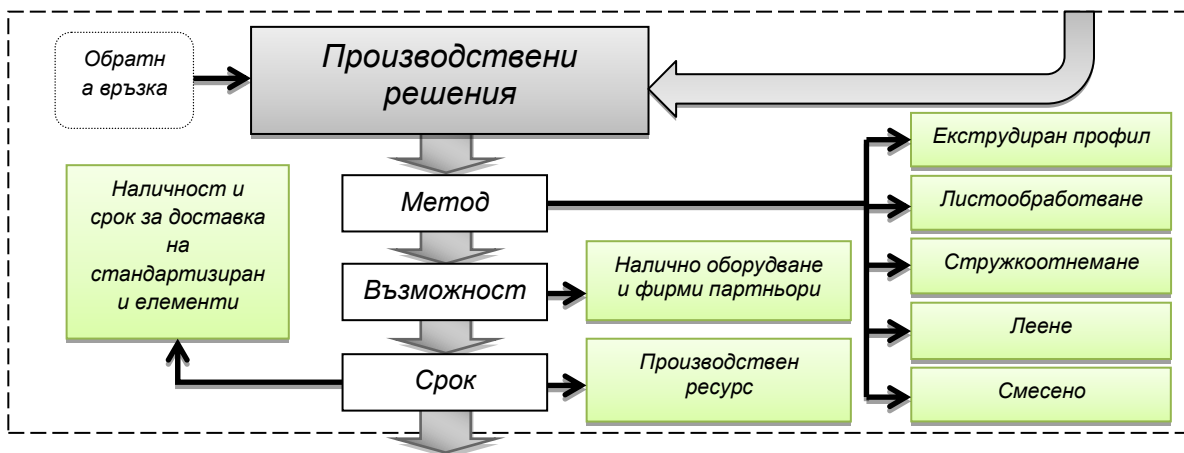
3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В края на етап едно, трябва да имаме информация дали ще ползваме готов продукт или ще разработваме нов. Ако ще се разработва нов продукт, трябва да има събрана достатъчна информация за потребностите на пазара. Виж Фиг.5.



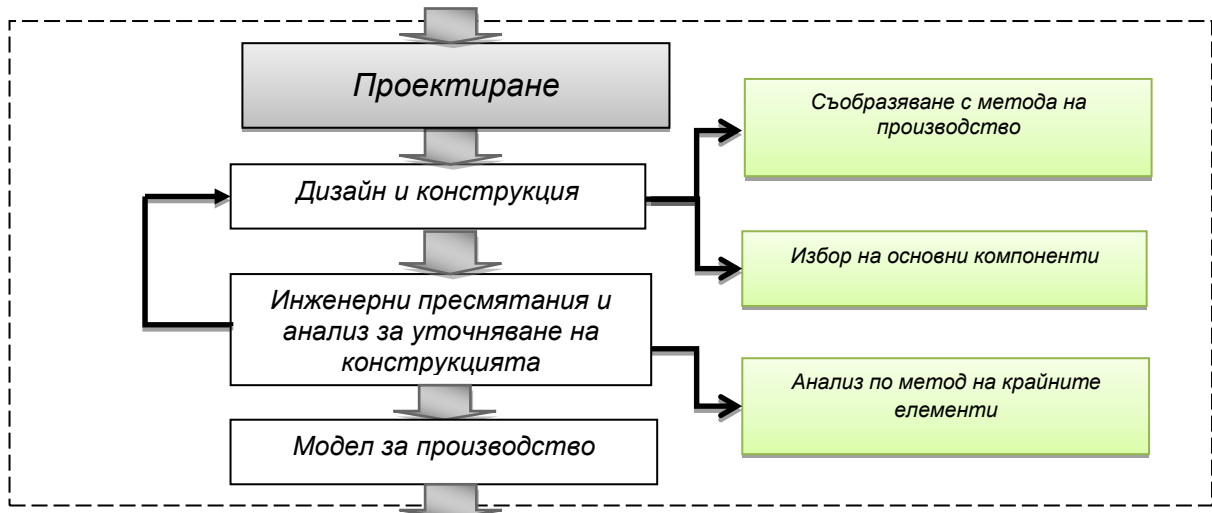
Фиг.5 Схематично представен етап 1

В края на етап две трябва да имаме приблизителна информация относно метода на производство и възможността за производство. Също така и необходимите срокове за производство и доставка на стандартизираните елементи и основните детайли на осветителните тела. Виж Фиг.6.



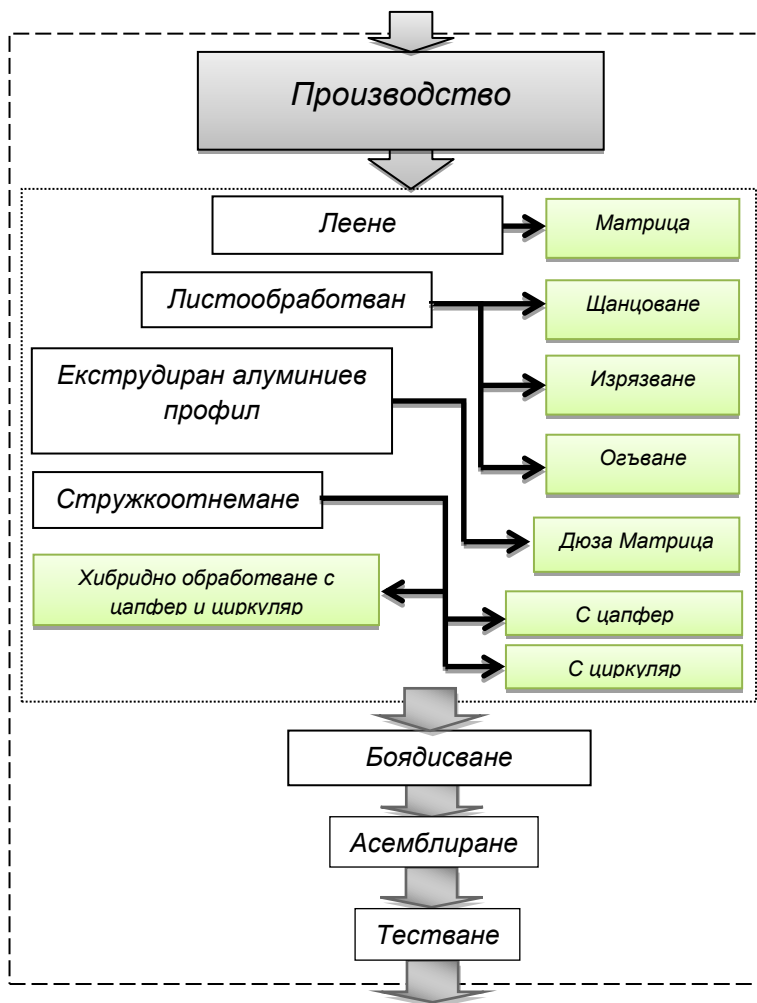
Фиг.6 Схематично представен етап 2

В края на етап три, трябва да имаме модел за производство под формата на сглобена единица, преминал виртуалните изпитания. Виж Фиг.7

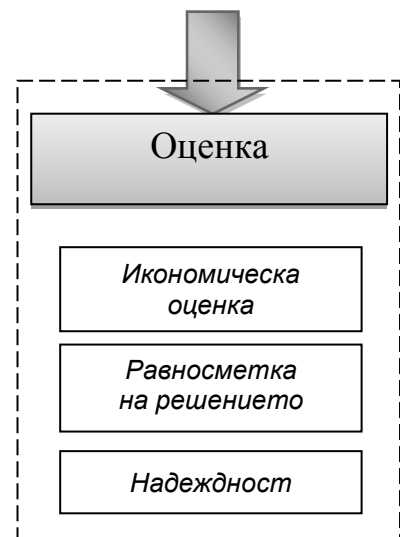


Фиг.7 Схематично представен етап 3

В края на етап четири трябва да имаме напълно завършено LED осветително тяло. Виж Фиг. 8.



Фиг.8 Схематично представен етап 4



Фиг.9 Схематично представен етап 5

В края на етап пет трябва да се определи дали произведеното осветително тяло отговаря действително на зададените критерии. Определят се също пазарната цена на изделието и надеждността му.

Виж Фиг. 9.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарност на фирма „БСМ“ ООД за оказаното съдействие за написване на публикацията.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2015 г. по ДОГОВОР №152ПД0018-05 за научен проект в помощ на докторанта.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Хаджийски П.**, (1994), *Технологични основи за управление на качеството на машиностроителните изделия*, София, 1994, Издателство на Технически университет София, ISBN 954-438-083-3, 250 стр.
2. **Хаджийски П.**, (2005), *Технология на машиностроенето част 2. Програмиране и настройване на металоурежещи машини с ЦПУ*, София, 2005, Издателство на Технически университет София, ISBN 954-438-529-0, 165 стр.
3. **Хаджийски П.**, (2010), *Програмиране на CNC машини*, София, 2010, Издателство на Технически университет София, ISBN 978-954-438-865-2, 226 стр.
4. **Диков А.**, (2006), *Технология на машиностроенето*, София, 2006, Издателство Софттрейд, ISBN 978-954-334-053-8, 411 стр.
5. **Тодоров Г., Николчева Г., Хаджийски П., Гълъбов Ст., Даскалова Д.**, (2010), *Технологии и машини за високоскоростно фрезозване High Speed Milling*, София, 2010, Издателство на Технически университет София, ISBN 978-954-438-873-7, 317 стр.
6. **Тодоров Г., Николчева Г.**, (2011), *Компютърно проектиране и бързо изработване на сложни формообразуващи инструменти (шприц форми) Rapid Tooling*, София, 2011, Издателство на Технически университет София, ISBN 978-954-438-915-4, 330 стр.
7. **Николчева Г.**, (2008), *Режещи инструменти*, София, 2008, Интерпрес, ISBN 978-954-91363-3-3, 270 стр.
8. **Македонски А.**, (2007), *Рязане на материалите*, София, 2007, Издателство на Технически университет София, ISBN 978-954-438-681-8 152 стр.
9. **Цанков Ц., Попов Г., Пецов Г.**, (1995), *Обработване на металите чрез пластична деформация*, София, 1995, Издателство Техника, ISBN 954-03-0347-8, 371 стр.
10. **Тодоров Н., Чакърски Д.**, (1994), *Автоматизация на проектирането в машиностроенето*, София, 1994, Издателство Техника, ISBN 978-954-03-0362-1, 256 стр.
11. **Алипиев Д.**, (2009), *Леене под налягане и с противоналягане*, май 2015
<http://www.castingarea.com/education/methods-2.htm>
12. **Тонгов М.**, (2012), *Листообработване*, май 2015
<http://mtm.tu-sofia.bg/lit/Presents/%D0%9C%D0%A2%D0%9C-2%20-8.pdf>
13. **Тонгов М.**, (2012), *Пресоване*, май 2015
<http://mtm.tu-sofia.bg/lit/Presents/%D0%9C%D0%A2%D0%9C-2%20-7.pdf>
14. **Тонгов М.**, (2012), *Валцоване*, май 2015
<http://mtm.tu-sofia.bg/lit/Presents/%D0%9C%D0%A2%D0%9C-2%20-5.pdf>
15. **Георгиев В., Бачкова И., Кузманов Т., Салапатева С., Четраков И.**, (2009) *Оптимизационни методи при технологична подготовка на производството*, Габрово, 2009, ЕКС-ПРЕС, ISBN 978-954-490-055-7, 148 стр.
16. **Held G.**, (2009), *Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications*, New York, 2009, Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-4200-7662-2, 170p.

КОРЕСПОНДЕНЦИЯ

маг. инж. Николай ОСТРЕВ
Технически университет – София
София, 1797, бул. „Климент Охридски“, №8
E-mail: npostrev@gmail.com