



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

маг. инж. Петър Павлов Панев

**ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОВИШАВАНЕ
ЕФЕКТИВНОСТТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВО НА ТРЪБНА
МЕБЕЛ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

НА ДИСЕРТАЦИЯ
за присъждане на образователната и научната степен
„доктор“

Научна област: 5. Технически науки
Професионално направление: 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“
Научна специалност 02.21.07. “Автоматизирани системи за
обработка на информация и управление“

Научен ръководител: проф. д-р Димитър Карастоянов

София, 2022 г.

Дисертационният труд е обсъден и допуснат до защита на разширено заседание на секция „Разпределени информационни и управляващи системи “ на ИИКТ-БАН, състояло се на 18 януари 2022 г.

Дисертацията съдържа 133 стр., включващи фигури, таблици, приложения и литература, съдържаща 100 заглавия.

Защитата на дисертацията ще се състои на2022 г. от часа в зала на блок 2 на ИИКТ-БАН на открито заседание на научно жури в състав:

1. Проф. д-р Любомир Димитров
2. Проф. д-р Панчо Томов
3. Проф. д-р Станчо Петков
4. Проф. д-р Владимир Монов
5. Доц. д-р Найдено Шиваров

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на ИИКТ-БАН, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 2.

Автор: *Петър Павлов Панев*

Заглавие: ***ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОВИШАВАНЕ
ЕФЕКТИВНОСТТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВО НА ТРЪБНА МЕБЕЛ***

Обща характеристика на дисертационния труд

Актуалност на проблема:

Главната задача през близките години се явява не само същественото увеличение на внедряването в производството средства за автоматизация, но и качествени изменения на дейността в прехода от малки задачи и теми, към комплексни задачи и теми, изпълняващи пълното мехатронно и автоматично производство на изделия и тяхното опаковане.

В резултат на динамичното и ускорено развитие на научно-техническия прогрес, се създават иновативни технологии, непрекъснатото усъвършенстване на опаковането на готовата продукция чрез иновативни опаковки на автоматизиращи основни и спомагателни процеси, както и операции. Непрекъснато нарастващите изисквания към външния вид на произвежданата продукция, качество и дизайн на опаковките, са едни от главните фактори, обуславящи ефективността на опаковъчните автоматични машини (АМ) и линии.

Обект и област на изследването:

Чрез проектирането на автоматични компютаризирани машини и използването на иновативни технологии- контролери, захранвания и оптимизиран софтуер се повишава надеждността и производителността на операциите при производство на компоненти и изделия от тръби: подготовка на детайли пета и чашка за крак за маса, заваряване, боядисване и опаковане на готовото тръбно изделие- крак за маса. Проектирането и конструирането на иновативните машини и линии е съобразено със стандарта за геометрични изисквания към продукта ISO/TC 213, както и изискванията за безопасност при експлоатация.

Съдържание на дисертацията:

Дисертационният труд съдържа пет глави, списък на литература със 100 заглавия. Обемът му е в размер на 133 страници текст, включващ таблици, фигури, формули, приложение. Номерацията, фигурите и формулите е запазена в настоящия автореферат.

В ГЛАВА 1 е направен обзор, анализ и систематизация на завода за производство на тръбни мебели и компоненти; направен е внимателен и задълбочен анализ на съществуващи опаковки и автоматични машини и линии. Необходимо е да се обърне внимание на проблемите, възникващи при използването на опаковъчните материали. Маркетинговите проучвания на различните компоненти за опаковка имат добро влияние върху използваните иновативни технологии, както и самите дискретни процеси и операции при опаковане.

В ГЛАВА 2 са представени съществуващи методи и средства за производство на елементи за тръбна мебел: щанцоване на детайли и тяхното оформяне, заваряване и опаковането на цялостното изделие. Изследвана е степента на пригодност за автоматизационна дружелюбност и монтажопригодност. Изчислена е действителните и желаните производителност и тактове. Представени са различни структурно-компоновъчни варианти за опаковане на готовата продукция

В ГЛАВА 3 са съставени методики и подходи, по които се проектират иновативните машини, повишаващи производителността на тръбна мебел- ИАММ за заваряване на чашка с болт, ИАММ за лазерно заваряване на тръба към чашка/болт, АМЛ

за опаковане на всички компоненти за крак за маса „Адилс“ и програмира АМ за автоматично залепване на кашон тиксо. На база на съставените методики се изчислява желаната производителността на АМ; проектират се АМ според изискванията за геометрична точност, нормативните изисквания за обезопасяване на оборудване при механични опасности и софтуерната програма за чертане Solid Works; спазени са всички условия за безопасност при експлоатацията; избрана е апаратура, по която се проектира автоматизирано палетизиране на крака за маси.

В ГЛАВА 4 са изложени постигнатите резултати след конструирането на автоматичните машини за заваряване на чашка с болт, лазерно заваряване на тръба към чашка/болт и опаковане на всички компоненти за крак за маса „Адилс“. Изчисляват се желаната и действителната производителност на АМ и такт на производствения процес.

В ГЛАВА 5 са представени бъдещите проекти за развитие на ЗПТМК.

Цел и задачи на дисертационния труд:

В предоставения дисертационен труд се разглеждат проблеми, свързани с производството на тръбни мебели и компоненти, а именно щанцоване, заваряване и опаковане. Поставената цел в този труд е да се изследва напредъка и да се инициира внедряването на нови технологии за повишаване ефективността и производителността на тръбна мебел посредством модерни изследователски методи и иновативни производствени средства.

Отчитайки извършения анализ и поставената цел са формулирани следните задачи:

1. След детайлен обзор да се анализират различните методи и средства за щанцоване, заваряване и опаковане на тръбни мебели и компоненти.
2. Да се изследват съществуващи методи и средства за производство на тръбна мебел.
3. Да се проектират автоматични машини, които да повишат производителността и качеството на изделия за тръбна мебел.
4. На база на проектите, да се конструират автоматични машини, които да повишат производителността на автоматични машини за крака за маси.
5. Да се предложат подходи и методики за повишаване на ефективността и производителността на автоматични машини за крака за маси.
6. Да се проведат експерименти и симулации на различни методики за проектиране и конструиране в индустриална среда.
7. Получените резултати да бъдат анализирани и апробирани.

Апробация на резултатите

Резултати, включени в дисертацията, са докладвани на: международна конференция в чужбина: 8th, 10th Mechanical Technologies and Structural Materials, Split, Croatia, 2018, 2021, видима в SCOPUS; ISSN 1847-7917 и др.

Част от резултатите са представени на следните конференции: XXIX, XXX, XXXI МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП“ Юни, Созопол 2019г., 2020г., 2021г.; в списание „Проблеми на техническата кибернетика и роботиката“; V, VI International Scientific Conference, winter session, Industry 4.0, 2020 г., 2021 г.

Списък с публикациите по дисертацията

1. **Panev P.**, Development of Automatic Packing Line for Single Packs, 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN: 1847-7917, pp. 149-152 **SCOPUS Visible**
2. **Панев П.**, Състояние на иновативните технологии в опаковъчните процеси и операции, International Conference Robotics, Automation and Mechatronics'18 RAM 2018, Bankya, Bulgaria, 2018., стр.61-66, ISSN 1314-4634.
3. **P. Panev**, S. Dimitrov, Innovative Technology For Increasing The Efficiency In Tubular Furniture Production Machine, 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, E-ISBN: 978-605-68537-4-6, 2019 pp. 338-341
4. **Panev P.**, Increasing performance in punching and pressing of details for the production of tubular furniture, XXIX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2020., 29.06-02.07 2020, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 76-79
5. Panev P., Paneva M., Stoimenov N., Dimitrov S., Increasing the Reliability and Productivity of a Tubular Furniture Packaging Operation, International Scientific Conference “Industry 4.0”, 09-12 December 2020, Borovets, Bulgaria., Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0, ISSN: 2535-0153, pp. 133-135
6. **Panev P.**, Paneva M. and Klochkov L., AUTOMATION OF WELDING OF A DETAIL FOR THE PRODUCTION OF TUBULAR FURNITURE, XXX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2021., 29.06 ÷ 02.07.2021, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 76-79
7. Paneva M., **Panev P.**, Klochkov L. and Karastoyanov D., Analysis of defects obtained in the production of steel and steel products, VI International Scientific Conference Winter Session, 08-11 December 2021, Borovets, Bulgaria., Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0, ISSN: 2535-0153, pp. 230-232

Полезен модел

8. Стоименов Н., Панева М., **Панев П.**, Държач за пробни тела, Полезен модел на Република България, рег. № 3892 U1/ 23.09.2020 г.

Глава I

ОБЗОР, АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА ПРОБЛЕМИ И РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВОТО НА ТРЪБНА МЕБЕЛ

1.1. Развитие във времето на завод за производство на тръбни мебели и компоненти (ЗПТМК)

През 1998г. се създава „Завод за производство на тръбни мебели и компоненти“ в гр. Ловеч. Започва обсъждания и преговори за разкриване на договорни отношения за съвместната работа с фирма IKEA International Group of Sweden AB. Те са реализирани непосредствено през следващата година 1999г.

Основната дейност на ЗПТМК е производството на мебели и компоненти за мебелната индустрия, опаковани и разглобени, компактни за транспорт до различни държави със собствени магазини от логистиката на IKEA. Металните изделия за мебелните конструкции са във вид готови за използване от клиентите.

За нуждите и развитието на фирмата (ЗПТМК) през 2002 г. е създаден завод за производство на фурнир и дървени федерлайсни, а през 2010 г. стартира проект за изграждане на дъщерен завод на производство на тръби и профили (ЗПТП).

1.3.Разпределение на ЗПТМК

Разпределението на завода се състои от няколко звена/цеха, където се подготвят детайлите за цялостните изделия на готовата продукция:

1.3.1. Пресов цех и заготовителни материали

1.3.1.1. Проектиране и производство на шанци

1.3.1.2.Компоненти за щанци

1.3.2.Лазерни технологии

1.3.2.1.Лазерни заваръчни машини

1.3.3. Заваръчен цех

1.3.4. Цех за прахово боядисване

1.3.5. Опъковъчен цех

1.3.6. Склад за готова продукция

1.3.7.Инструментален цех

1.3.8. Цех по „Автоматизация на производството“

1.4. Произвеждани изделия в ЗПТМК

1.4.1. При стартиране на завода

При създаването на завода започва производството на легла с клик-клак механизми, с заключващ механизъм, двуетажни детски легла, походно легло и крака за маси. Всички механизми, които се внедряват в леглата се произвеждат в завода. Проекта и чертежите за производството на всички изделия, произвеждани в ЗПТМК се изготвят от проектантите на IKEA и се предоставят на конструкторите на завода за изработване и закупуване на машини за тяхното производство. По-голямата част от продукцията, която се произвежда е изработена изцяло от покупна суровина и елементи, доставяни от

подоставчици на фирма ИКЕА. Цялото производство е ръчно, но с усвояване на дискретните технологични процеси и операции- основни и спомагателни и така младите конструктори и технолози започват първите стъпки за механизирането и автоматизирането им.

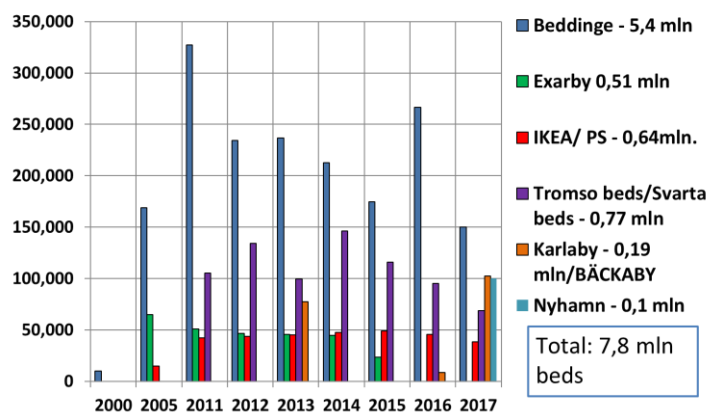
1.4.2. Съществуващи изделия

През годините някои от произвежданите изделия са спрени от производство, а други са с подобрени размери, устойчивост и автоматизиране на технологичният процес или изцяло ново създадени. Едни от най-големите промени претърпяват краката Curry и Vika Kaj. Те освен размери и устойчивост променят и имената си в Adils и Olov.

1.4.3. Производствен обем

1.4.3.1. Произведени легла от 2000-2017 г.

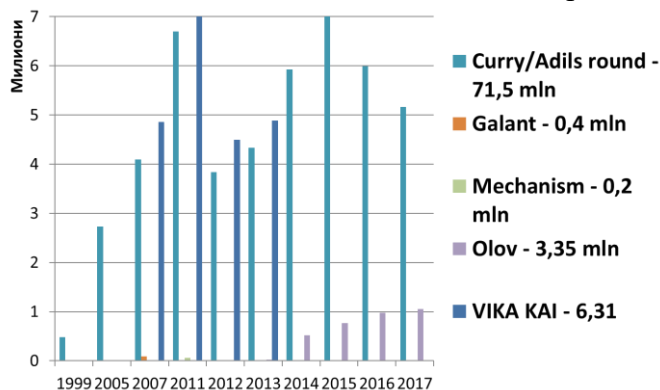
Общият обем на произведените легла е 7,8 млн. бр. до 31.12.2017 г. През годините едно от най-дълго произвежданите легла и с най-голям обем е изделието Beddinge с 5.4 млн. за периода.



Фиг. 1.21 Графика на произведени легла в периода 2000-2017 г.

1.4.3.2. Произведени крака 1999÷2017 г.

Общият обем произведени крака е 81,8 млн. бр. до 31.12.2017 г. От данните на фиг. 1.22 ясно се вижда, че най-дълго и с най-голям обем е производството на крак Curry/Adils с кръгла форма е 71,5 млн. Това заема 87,4 % от общо произвежданите крака.



Фиг. 1.22 Графика на произведени крака в периода 2000-2017 г.

1.5. Обзор и анализ на видове материали за опаковане

В съвременните индустриално развити страни се обръща голямо внимание на търговския вид на различните видове на опаковъчен материал. Потребителят отделя голямо внимание на външния атрактивен вид на самата опаковка.

За решително подобряване на опаковките у нас се използват следните материали: опаковки от картон; опаковки от пластмаси; опаковки от метал; опаковки от стъкло; опаковки от дървесина, смесени и т.н [16, 17, 18, 19].

1.5.1. *Обзор и анализ на видове фолио за опаковане*

1.5.2. *Обзор и анализ на видове велпапе за опаковане.*

1.5.3. *Обзор и анализ на видове тиксо за опаковъчни процеси*

1.5.4. *Видове заваряване*

1.6. Екология

➤ *Иновативни идеи*

Идеята на Икеа е да създава продукти, които да са от естествени материали- като бамбука и естествения памук, а също така и самата опаковка. Залага се на материали, които могат да се рециклират и да се произвеждат с най-малко количество въглеродни емисии, за да не се замърсява природата. Също така поради намалелите ресурси на планетата е време да се започне да се използват разумно, казва Анна Гранат, специалист продуктово развитие ИКЕА [6].

➤ *Рециклиране*

В основата на философията на ИКЕА е ограничаването и разточителството, както и използването на минимум ресурси, за да постигаме максимума. За да се постигне тази цел - икономисването на ресурси, са необходими малки крачки всеки ден.

1.7. Заключение

Направен е подробен обзор и анализ на завод за производство на тръбна мебел от стартирането му през 1998 г. до наши дни. Представени са видовете изделия, които се произвеждат и технологичната апаратура, с която разполага завода.

Направени са обзор и анализ на видовете опаковки от фолио и велпапе, видовете тиксо и видовете заваръчните апарати. Залага се на материали, които могат да се рециклират и да се произвеждат с най-малко количество въглеродни емисии, което ще допринесе до намаляване на замърсяването на природата. Всички анализи са съобразени с налагането на иновативните изделия, които ще се произвеждат. Направен е избор на прилагане на иновативни технологии, с което ще се постигне високо качество, намаляване на разхода на материал, намаляване на операциите и увеличаване на качество.

Като най-подходящи материали са избрани следните:

1. Най-подходящото фолио е термосвиваемото при висока температура- PE-HD. Избраният тип фолио е полиолефин, което е избрано поради качествата му като: ниското тегло, ниска цена и гъвкавост.

2. За опаковане на мебелен крак е използвана крафт хартия, която се произвежда от дървета с мека дървесина. Тя е избрана тъй като тези фибри не са рециклирани влакна,

този тип хартия е по-устойчива и по-подходяща за печат, който трябва да се приложи върху опаковката. Най-подходящ е профил Е с дебелина на вълната 1.5 mm, поради полесното му автоматизиране и сгъва от машината по беговката.

3. За нуждите на опаковане и запечатване на опаковки се използват и двата вида тиксо, в зависимост от околната температура. Тиксо Солвент се използва при по-високи температури, а тиксо Хотмелт се използва през по-студените месеци. Този начин на подбор е икономически по-изгоден за производството. Двата вида тиксо са предпочитани поради липса на характерната за акрилните ленти неприятна миризма. Солвент тиксото е по-добро при залепяне върху трудни повърхности и при по-отговорни приложения.

4. Като най-подходящи типове заваряване са МИГ/МАГ заваряването и лазерното заваряване, което е най-пригодно за автоматизиране на процеси.

Глава 2

СЪЩЕСТВУВАЩИ МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА КОМПОНЕНТИ ЗА ТРЪБНА МЕБЕЛ

Поради високите производствени обеми на крака за маси, разгледани в Глава 1 и по-малкият брой компоненти в готовото изделие, (даващи по-добра възможност за автоматизация) в сравнение с разгъваемите легла ще се фокусираме именно към тях, с цел проследяване на процесите при производството му и тяхната производителност и оценяване на възможността за повишаване производителността на крака с иновативни методи и средства.

2.1. Производство на крак „къри“ 1999 г.

2.1.1. Входни суровини

Входната суровина за производството на крак „Къри“ е представена в Таблица 2.1.

2.1.2. Технологичен процес

2.1.2.1. Накрояване на тръбите

Изрязването на тръба $\phi 50 \times 1$ mm става ръчно на лентоотрезна машина (Фиг. 2.1) с автоматично подаване на размер 686 mm. Подават се 15 броя тръби от пачка едновременно- 3 реда по 5 броя. След накрояването, получените усенъци се зачистват на шмиргел с телени четки

Щанцоване на петата и чашката се осъществява на щанцова машина RASKIN RT 85. Листите ламарина първо се разделят на две части чрез хидравлично гилотинно рязане на размер 500×2000 mm и 625×2000 mm. Тази операция се извършва с цел олекотяване на листа, поради ръчното му залагане от операторите в щанцовата машина. Едновременно с щанцоването на чашите се пробива централен отвор с диаметър $\phi 8,2$ mm, а на петите централен отвор $\phi 6,5$ mm и 5 броя $\phi 5,5$ mm за монтиране на винчетата към плота на масата. При петите е необходима допълнителна операция- провлачване на централния отвор и резбоване с отвор М8 на пробивна настолна машина ПН 161. Щанцоват се средно по 2500-3000 броя на ден.

Готовите щанцовани детайли преминават през операция сухо барабанене. Чрез нея се почистват усенъците, получени при изрязване на детайлите.

Таблица 2.1. Входни суровини и получени детайли

Вид материал,mm	Разходна норма, бр.	детайл	Тегло/ бр.
Тръба ф50х1х5500L	1 пачка тръба = 64 тръби	Крак L- 686 mm	0,830 kg
	512 детайла		
	1 тръба =8 детайла		
Ламарина 1,5х1000х2000	512 дет. от лист	Чашка Ф 48 mm	0,046 kg
Ламарина 1,5х1250х2000	800 детайла от лист		
Ламарина 2х1000х2000	162 детайла от лист	Пета Ф 109 mm	0,200 kg
Ламарина 2х1250х2000	198 детайла от лист		
Болт М8х20	Покупни елементи		
Винчета 5 бр. в плик			
Тапа			
Инструкция			
Етикети			
Фолио			
Велпапе			
Лепило- C200			
Тиксо			

2.1.2.3.Заваряване на детайли

А. Чашка с болт

Заваряването на чашката с болта става на прибор. Слагат се в редица 20 бр. чашки върху медни дорници с отвор, в който се поставя болт М8х20 mm. Болтовете се притискат с медни остри щифтове, с цел по-добра електропроводимост и се заваряват ръчно с електродъгово заваръчно устройство МАГ с CO₂ на две места.

В. Тръба към чашка/болт

Заваряването на тръба към чашка/болт става чрез подреждане на готовите запресовани тръби с чашки в кош с болтовете нагоре. Заваряват се ръчно с електродъгово устройство МАГ с CO₂ на четири места през 45° на всеки крак, фиг. 2.4. На Фиг. 2.5 е показан изглед на сглобения крак: 1) Тръба ф50х1mm; 2) Тапа- пластмасова; 3) Чашка с заварен болт.

2.1.2.4.Боядисване

Преди да се боядисат подготвените детайли, те трябва да преминат през обезмасляване. Готови заварени тръби се закачат на стойки, които се потапят във вана с разтвор за обезмасляване. Щанцованите пети също се обезмасляват като се поставят в кош с отвори, през който да се изцежда течността. Поради наличие на остатъчна мръсотия, детайлите се забърсват с памучна кърпа до пълното им почистване и се свалят от стойките.

Кабината, конвейра и изпичащата камера за боядисване са проектирани и конструирани от екип на фирмата. Подготвените детайли се закачат на стойки на стъпков конвейр. След зареждане на всички стойки кабината за боядисване, дълга 5 m се премества на закачените детайли и започва процеса по прахово боядисване, с помощта на оператор с ръчен пистолет. Вече боядисаните детайли се преместват в изпичащата камера, където времето и температурата се определят от параметрите на праховата боя. Средно цикълът протича за около 20 min при температура 190 °С. С помощта на

При готови, цялостна самостоятелна опаковка на: пета, плик с 5 бр. винтове и инструкция за монтаж ($b_4=52$) и самостоятелна опаковка на крак „Къри“ – тръба и тапа ($b_7=52$) категорията на сложност е $K=4$ (четвърта категория на сложност). Автоматизацията за съвместна опаковка не е целесъобразна: поради сложността за автоматичната опаковка, поради сложността за автоматично захранване, детайлите се опаковат заедно ръчно.

Ако се постъпи към съвместно автоматично опаковане като на първите три детайла средният сумарен бал ще бъде $V_{ср1}=35$, а категорията на сложност пак ще си остане 4. Като, че ли най-благоприятно ще бъде по-отделното захранване на всички участващи детайли в автоматично опаковане, където средният сумарен бал е $V_{ср}=34$ с категория на сложност $K=4$.

2.3. Калкулирана производителност на крак „Къри“

От направените маркетингови проучвания на международните пазари, тенденцията е нарастване производството на крак „Къри“. Това оформя една желана производителност за около $Q_{гж} = 7,5$ млн./год. На тази база се оформя технико-икономическо задание с производителност на ОАЛ $Q = 1200$ бр./с.

За предпочитане е да се използва производителността в по-ниския диапазон за работа, за да има възможност от един резерв, осигуряващ повишаване на производителността вследствие нарастване търсенето на крак „Къри“ [53, 54, 55].

Предвид сложната икономическа ситуация на международните пазари в момента се налагат да се направят изчисления за една по малка теоретична производителност ($Q=800$ бр./с). Конкурентната ОАЛ, взета за база има по-малък теоретичен такт, таблица 2.3.

Таблица 2.3 Теоретична производителност.

произв. показатели	Др	Ксм	ηизп	8х3600	Σφ	Qг.г.и.	Qг.р.ч.	Qг.б.р.	ΣQг.ж.	τ ^г =φ/Qг.ж
бр/с	бр.	бр.		[s]	[s]	бр./год.	бр./год.	бр./год.	бр./год.	s /бр.
Q=800	1	1	0,7	8х3600	2520	800	80	1,6	881,6	2,86
Q=1200	1	1	0,7	8х3600	2520	1200	120	2,4	1322,4	1,9

Ще трябва да се търси оптимален такт за условията в Република България. От така пресметнатите теоретични тактове са направени изчисления за определен период от време, каква ще бъде желаната производителност (таблица 2.4).

Таблица 2.4 Желана производителност.

№ по ред	Време	При теоретичен такт τ ^г =2,86[s/бр.]	Работни смени			При теоретичен такт τ=1,91[s/бр.]	Работни смени		
			1	2	3		1	2	3
			8h бр	16 h бр	24 h бр		8h бр	16 h бр	24 h бр
1	1 час	800 желана	6 400	12 800	19 200	1280 желана	9 600	19 200	28 800
2	1 седмица		32 000	64 000	96 000		48 000	96 000	144 000
3	1 месец		128 000	256 000	384 000		192 000	384 000	576 000
4	3 месеца		384 000	768 000	1 152 000		576 000	1 152 000	1 728 000
5	1 година		1 536 000	3 072 000	4 608 000		2 304 000	4 608 000	6 912 000

Ако очакваното натоварване на проектираната опаковъчна автоматична машина ще бъде с безупречна надеждност, тогава действителния такт при две различни $t_{рл}$, е показано в таблица 2.5.

Таблица 2.5 Действителен такт.

произв.	$t_{рл}$	$t_{пр.х}$	Σc_u	$t_{обр}$	$t_{оп.т}$	$t_{пр}$	$t_{бр}$	$t_{т.р}$	$t_{ппр}$	$\Sigma \tau^д$
бр./с	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	бр./с
Q=800	1.7	1	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005	0.01	0.01	2.76
Q=1200	4.71	1	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005	0.01	0.01	5.76

Получените действителни тактове за опаковъчна автоматичната машина са изчислени при работни технологични лимитиращи времена $t_{рл1} = 1,7$ [s] и $t_{рл2} = 4,71$ [s]. Действителните тактове, разпределени по месец и година са показани в таблица 2.6.

Таблица 2.6. Действителна производителност.

№ по ред	Време	При действителен такт $\tau^д=5,76[s/бр.]$	Работни смени			При действителен такт $\tau^д=2,76[s/бр.]$	Работни смени		
			1	2	3		1	2	3
			8h бр	16 h бр	24 h бр		8h бр	16 h бр	24 h бр
1	1 час	800 (437,5)	3 500	7 000	10 500	1200 (910)	7 304	14 608	21 912
2	1 седмица		17 500	35 000	52 500		58 432	73 040	109 560
3	1 месец		70 000	140 000	210 000		233 728	292 160	438 240
4	3 месеца		210 000	420 000	630 000		701 184	876 480	1 314 720
5	1 година		840 000	1 680 000	2 520 000		2 804 736	3 505 920	5 258 880

Получените цифрови данни, отразени в таблица 2.6 не удовлетворяват желаната производителност, предоставена в технико-икономическото задание. Затова се налага да се направят експериментални опити - изследвания относно времето за залепване на PVC опаковъчен материал. Получава се за $t_{рл} = 4,36$ [s].

При получените $t_{рл}$ са направени нови изчисления за производителностите и са представени в таблица 2.7.

Таблица 2.7. Желана експериментална производителност.

№ по ред	Време	При действителен такт $\tau^д=5,41[s]$	Работни смени			При действителен такт $\tau^д=2,7[s/бр.]$	Работни смени		
			1	2	3		1	2	3
			8h / бр	16 h / бр	24 h / бр		8h / бр	16 h / бр	24 h / бр
1	1 час	~ 466	3 728	7 456	11 184	~ 933	7 464	14 928	22 392
2	1 седмица		18 640	37 280	55 920		37 320	74 640	111 960
3	1 месец		74 560	149 120	223 680		149 280	298 560	447 840
4	3 месеца		223 680	447 360	671 040		447 840	895 680	1 343 520
5	1 година		894 720	1 789 440	2 684 160		1 791 360	3 582 720	5 374 080

Ще бъде целесъобразно да се произведат ОАМ за фолиране на пета, винтове и инструкция и ОАМ за фолиране на крак (тръба и тапа). От направените изчисления и получените данни ОАМ пета $t_{рл} = 5,41$ [s/бр.] и АОМ крак $t_{рл} = 2,7$ [s/бр.]. При една желана производителност от 7 500 000 бр./год. ще бъдат необходими за фолиране на пета 3бр. ОАМ, а за фолиране на тръба 2 бр. ОАМ. След усвояване на производството може да се мисли за една съвместна автоматична фолираща машина за готовия крак „Къри“ – пета и тръба заедно.

От направения анализ за „автоматизационно дружелюбност“ както и монтажнопригодност се установи, че автоматизацията за опаковане е доста труден

процес. Затова трябва да се разработят конкурентноспособни варианти, съобразени с условията на фирмата.

2.4. Разработени структурно-компоновъчни варианти

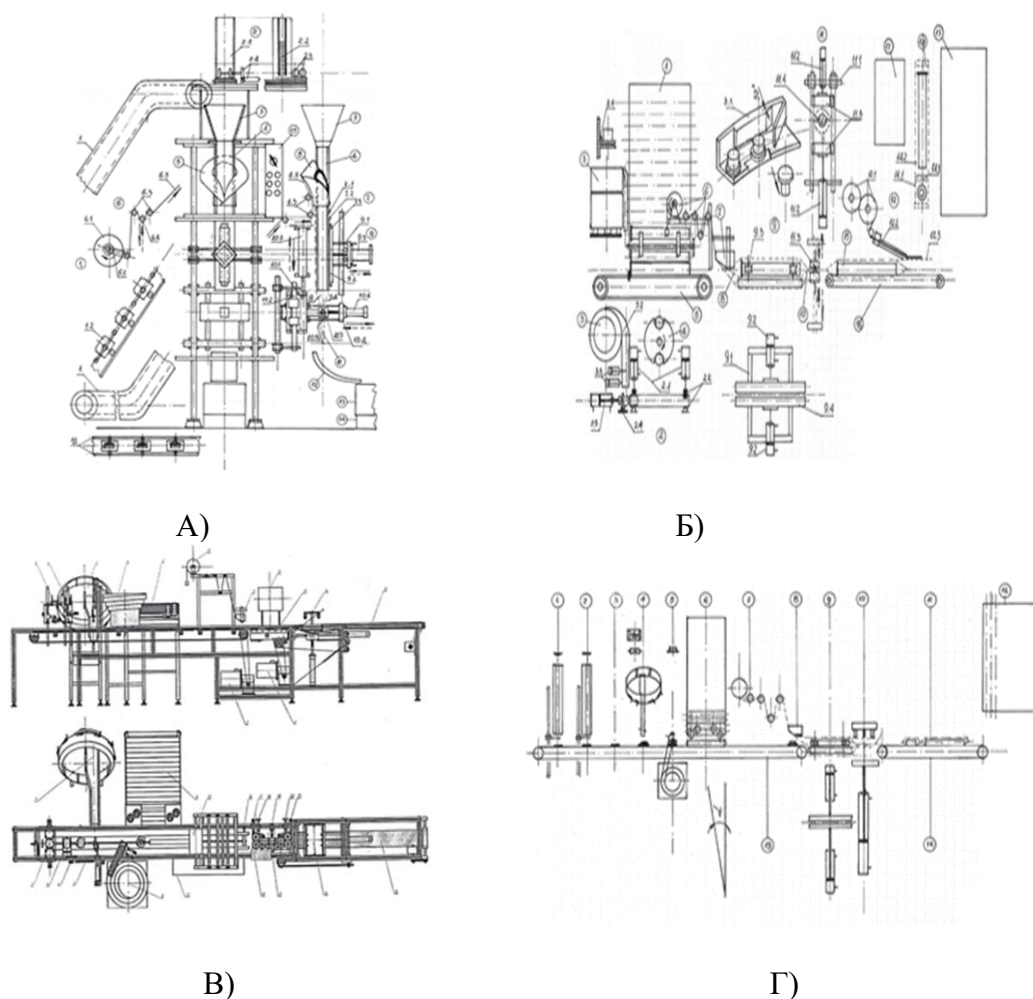
Пакета се оформя от опаковъчен материал тип „Флексосийл- РЕ-НД” и носещ наименованието тип крак „Къри“.

Всеки разгледан вариант на опаковъчната автоматична машина представлява структурна компоновка от няколко позиции, изградени на агрегатно модулен принцип: автоматични модули, автоматични захранващи устройства, ВБЗУ, БЗУ, отсекатели, транспортни системи, промишлени манипулатори, приспособления носачи и др. Тези варианти ще бъдат пренастройваеми, съобразени с различните типоразмери крака за опаковане. Разработваните варианти ще бъдат от синхронен тип [56-59].

Изграждането се извършва на базата на системния подход, като се използват елементи произвеждани от фирми доказали висока надеждност, това са „FESTO” „Bosch Group-Rexroth” „SMC” „Siemens” и др.

2.4.1. Структурна компоновка на ОАМ

На фиг. 2.10 са представени разработени варианти за опаковане на крак „Къри“ и съдържащите го компоненти.



Фигура 2.10. Структурни компоновъчни варианти

2.4.2. Критерии и фактори за избор на вариант

Трудно да се определят критериите, факторите и параметрите, по които се осъществява изборът на вариант. При съставянето на предлаганите структурно-компоновъчни варианти, фирмата се е ръководила от решенията на нискостойностната автоматизация и използване на наличната елементна база [60].

Целта на фирмата е да си помогне както на нея, така и на своите клиенти, като се работи по-ефективно и по-успешно. Обръща се внимание на три фактора:

1. Спестяване на енергия.
2. Спестяване на пространството.
3. Съхраняване на времето. *Анализ на разработените варианти*

При избора на вариант се изхожда от таблица 2.8, а също така и от най-важните критерии, фактори и параметри: производителност, качество на произвежданата продукция, себестойност на произвежданото изделие, конкурентоспособност, пазари, пренастройка на ОАМ и т.н.

Таблица 2.8. Избор на вариант.

№ по ред	Наименование	Дименсия	Варианти				
			Ф „КАР“ Германия	1	2	3	4
1	Qh – желано	бр/ч	1200	1200	1200	1200	1200
2	τ^T теоретичен такт	с/бр	3	2,86	1,91	1,91	-
3	Qh – теоретично	бр/ч	1200	881,6	1322,4	1322,4	1200
4	τ^D – действителен такт	с/ бр	3	5,41	2,7	2,7	3
5	Qh – действителен	бр/ч	1200	~466	~933	~933	1200
5	P – потоци	бр	-	1	1	1	1
6	Участъци	бр	-	1	1	1	1
7	Работно натоварване	[ват]	6	6	6	6	6
8	Разход на състен въздух	l/min	-	1500	1500	2000	1800
9	Заемаща площ	m ²	-	6	8	12	12
10	Управление		siemens	siemens	siemens	siemens	siemens
11	Материал за опаковка			ФЛЕКСОСИЛ HDPE			
	–ширина		280	280	280	2.0	2.0
	–дебелина		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
12	Работници	бр/см	2	2	4	2	2
13	НГЕ	%	-	14,45	13,45	18,20	25
14	Елементна база	%	-	100% внос			
15	Материали		-	Ал.профити- Bosch БР"Техника"			
16	Срок на откупуване	месец	-	8	8	8	8
17	Заводска цена 1бр.	лева		2,50	2,50	2,50	2,50
18	Цена на машината	лева	-	40 000	40 000	50 000	50000
19	Годишна програма	бр/год.	-	7 500 000			

1. Фирма „КАР“:

От таблица 2.8 е очевидно, че ОАМ произведена от фирма „КАР“ – Германия няма данни. Част от необходимите данни за получаването на всички посочени критерий,

фактори и параметри не са дадени от фирмата, която експлоатира съществуващото оборудване.

2. Вариант 1+2:

От таблицата е очевидно, че действителния такт от ОАМ – 1 и ОАМ – 2 е:

$$t_d = 5,41 + 2,7 = 8,11 \text{ s.}$$

Следователно ще са необходими три ОАМ – 1. Ще се обслужват от трима оператори и двама общи работници. За трите броя ОАМ са необходими $3+2 = 5$ бр. обслужващ персонал. За обслужването на ОАМ 2 броят на операторите е 2 и 1 общ работник, общия обслужващ персонал е 3. За обслужването на петте ОАМ обслужващия персонал нараства на 8 души, от които общо 5 оператора и 3 общи работника.

След експлоатация и направени замервания се установи, че машината не е рентабилна и това наложи да се конструира и изработи една нова ОАМ, с която да се отстранят нежеланите недостатъци, както и лепенето на двата пакета. Това създава доста трудности в търговската мрежа. Така както са поставени в кашоните от производителя, така се предоставят в моловете. Разкрива се кашона и така клиента си взема пакета. Този недостатък при новата АОМ вече е избегнат.

3. Вариант 3:

Проектираната нова ОАМ с такт $t_d=3$ [s]. Тя задоволява действителната производителност. При тази производителност се постига $Q_g=7500000$ бр/год. пакета крака, за седмица производителността е $Q=150000$ бр/сед. Обслужващия персонал е 4 души. ОАМ е пренастройваема. Новият пакет на крак „къри” е със заводска цена 2.50 лв. и улеснява продажбата в търговската мрежа.

4. Вариант 4:

Стойността на новата ОАМ е 50000 лв., която ще се изплати за по-малко от 8 месеца. Опаковането става в общ пакет, което улесняван значително процеса.

Вариант 3 и 4 са с еднакви параметри и са внедрени в производството.

2.5. Заключение

След подробно представяне на съществуващите методи и средства за производство на крак за плотове за маси, включващо доставената суровина, технологичния процес на подготовка на детайли, заваряването на отделните компоненти и начинът на опаковане са установени следните изводи:

- По методиката на катедра „АДП” са направени експериментални изследвания за автоматично захранване, придружено с автоматично ориентиране и съхранение на ориентирането изделие $K = 4$ (четвърта категория на сложност);
- От направените пресмятания за производителност е установено $Q_h=1200$ бр/h;
- Разработени са конкурентно способни варианти за автоматично опаковане и монтаж, осигуряващи необходимата технико-икономическа ефективност;
- Направен е анализ на критериите, факторите и параметрите, по които се избира най-конкурентния вариант;
- От направените изчисления относно теоретичния и действителния такт е установено, че вариант 1 и 2 не постигат желаните резултати за производителност и се увеличават разходите за енергия, съгъстен въздух и др. Вариантите 3 и 4 удовлетворяват търсената производителност и опаковането е по-компактно- от 2 пакета се опаковат в 1.

В заключение може да се каже, че пазара желае нови продукти, нови опаковки, икономия на материали, енергия и време. Следователно, започнато е ново проучване на пазарите и изискванията на клиентите, което ще доведе много скоро до проектирането на нова ОАМ, която да прерасне в АЛ с производителност $Q_h=1200$ бр/ч.

Глава 3

ИНОВАТИВНИ ПОДХОДИ И МЕТОДИКИ ЗА ПОВИШАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА И ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА АВТОМАТИЧНИ МАШИНИ И ЛИНИИ ЗА КРАКА ЗА МАСИ

3.1.Изисквания към нов дизайн на изделията

След подробния обзор и анализ на съществуващият процес за производство и опаковане на крака за маси се установи, че голяма част от технологичния процес се извършва ръчно или полуавтоматично, което затруднява усъществяването на високата производителност, която изисква пазарът на ИКЕА.

Освен това с времето част от изделията се спират от продажби, други стартират производството, а трети си променят спецификациите на параметрите за размер на съставящите ги компонентите или се установяват нови изисквания за опаковка (Глава 1). Това се случва и с разглежданото изделие крак за маси в Глава 2- крак „Къри“.

От съветствените разговори между компания ИКЕА и фирмата след направен маркетинг в световен мащаб се установява промяна на опаковката размерите и намаляване на размерите [60, 61].

Техническата реализация на това изделие е цялостна- както в габаритните размери, така и във вида опаковка и се случва в следната последователност: новият крак за маси вече е с ново име „Адилс“ и с диаметър на тръбата $\phi 40 \times 0,85$ mm, а дължината става L-686 mm. Изискването на дизайнетите за опаковка е следната: всяка пета за крака трябва да бъде обвита с велпапе, в което са позиционирани също 5-те броя винчета, опаковани в плик и инструкцията за монтаж, която е с размери-75x105 mm; в специално получило се гнездо се позиционира тръбата с вече заварените към нея чашка/болт и набитата тапа; вече получилият се комплект от всички елементи на изделието се фолира с термосвиваемо фолио; етикетира се и се подрежда в кашон.

За проектирането и конструирането на автоматични машини и линии за цялостно производство на крак „Адилс“ е необходимо да се създадат няколко методики и подходи във връзка с детайли изработени от метал и детайли, които са покупни (микровелпапе, термосвиваемо фолио, раздвижни тапи, винтове, хартиена инструкция и др.) да принудят производителите на тези детайли да бъдат монтажно пригодни. които да се следват за да изгради конкурентно съобразна, ефективна и високо производителна техника. За тази цел по-надолу са описани стъпките, по които се създават автоматична машина, които да повишат качеството им на съединяване и опаковане.

3.2. Методика за автоматично щанцоване на пета и чашка

3.3. Изследване на структурата и методите при процеса на проектиране

3.4. Иновативен подход при проектиране на машини чрез софтуер Solid Works

3.5. Подход при оформяне на техническата документация при точност на чертане

3.6. Подход при осигуряване на безопасност на труда

3.6.1. *Осигуряване на безопасни и здравословни условия на труд на персонала*

3.6.2. *Обезопасяване на оборудване при механични опасности*

3.7. Методика за технологичния процес при опаковане

3.8. Методика за постигане на висока производителност при опаковане

Опаковката е част от общата верига, която е свързана с производствените и транспортните в това число натоварвания, разтоварвания и пласмент. Тази обща зависимост между производство, транспорт и пласмент е продиктувана от опаковката, изразяваща се в следното:

1. Постигане на висока производителност при производството на опаковъчния материал и видовете опаковки с възможност за най-ниска себестойност на продукцията при желана потребителска стойност.

2. Пълно използване на опаковъчния материал и по възможност недопускане на отпадъци при неговото разкрояване.

3. Постигане на висока производителност при пълния процес, недопускане на разпиляване и повреждане на продукцията, подлежаща на опаковане.

4. Постигане на оптимални резултати при съхранения на стоките и минимална време трайност на продукта при съответни климатични условия.

5. Максимално използване на складовите помещения и транспортните средства.

6. Оптимално състояние на тарата към нето продукта. Това не трябва да става за сметка на повреждане на подлежащото за опаковане изделие.

7. Създаване на най-подходящи условия за издръжливост на опаковката и на опакованата продукция при транспорт с възможност за механизирание, роботизиране и автоматизиране на товаро-разтоварните дейности.

8. Създаване на възможност за най-висока производителност на труда, както при опаковъчния процес, така и в търговските обекти.

9. Осигуряване на рентабилност при повторна употреба на опаковката там, където това е възможно и допустимо, а в останалите случаи преработка/ рециклиране на опаковъчния материал.

10. Художествено оформление на опаковката в максимална степен да съдейства за реализацията на продукта и същевременно да осигурява естетическа култура на опаковката за широките маси.

11. Запознаване на продукта посредством начина от имитация, подмяна и изменението на някои качествени и количествени показатели.

3.9. Методика за мехатронно повишаване на производителността на опаковане

3.10. Заключение

В Глава 3 са представени изискванията за нов дизайн на анализираният продукт – крака за плотове на маси според изискванията на компания ИКЕА. Представени са методики и подходи за автоматична подготовка на компоненти за крайният продукт:

- методики и подходи за иновативно проектиране, оразмеряване и осигуряване на безопасни условия на труд, както за персонала, така и за обезопасяване на оборудването;
- методики за технологичен процес на опаковане и осигуряване на висока производителност; методика за мехатронно повишаване на производителността при опаковане.

Използваните методики и подходи са в помощ на проектирането на иновативна автоматична техника, осигуряваща високо качество и висока производителност.

Глава 4

СИСТЕМЕН ПОДХОД ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗГРАЖДАНЕ НА ИНОВАТИВНИ АВТОМАТИЧНИ МАШИНИ И ЛИНИИ

4.1. Настъпващи промени в промишления свят

Дигитализацията на промишленото производство променя с много бързи темпове промишления свят.

Търсят се решения за постигане на възможна оптимална производителност. Осигуряване, надеждността на производствените процеси с използване и прилагане на нови иновативни, принципно нови технологии, нови материали, автоматизация и роботизация на модерни индустриални елементи и компоненти, техники прилагани при решаване на проблемите в индустрията.

4.2. Желани промени в производството на тръбна мебел

Новите реалности по отношение на крайният цикъл на производството на продукта, е свързано с автоматизация на непрекъснатите и дискретни процеси и управление в разгледаните страни отрасли на индустрията. Основният проблем, който трябва да се отчете е факторът на време, чието значение в света на бизнеса е все по-голям придружен с другият фактор инвестиционни решения.

Това определя дали ще бъде пълна автоматизацията или постепенна. На останалите редица промени в динамичното развитие на промишлеността интелигентните информационните технологии, индустриалния интернет, интелигентни машиностроителни материали и технологии и др. са свързани с развитието на „индустрията 4“ и „индустрия 5“ [86].

Възникнала е нова ИДЕОЛОГИЯ, създаването продукт от IKEA да бъдат удобни, леки, създадени чрез нови иновативни технологии в практична и удобна опаковка.

Уникалното в дизайна на IKEA е комбинацията визия, функционалност, качество, устойчивост и достъпна цена. Усъвършенстване на производството е възприетия иновативен подход на IKEA е в духа на екипност доставчиците т.е. иновативно производство за едно с доставчиците. Следващия етап е тестване на качеството както в процеса на изработване така и на готовата продукция.

Не са подминава и качеството на вложените суровини в произвежданите продукти.

4.3. Входна суровина и подготовка на щанцовани детайли

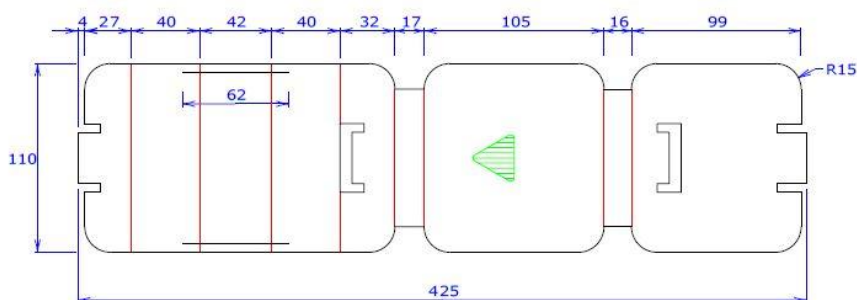
Във връзка с улесняването на пазарните условия на избор и покупка на продукт от клиенти, който IKEA непрекъснато поддържа контакт се налага да се разработят иновативни автоматични опаковъчни линии на цяла произвеждана и предлагана продукция на пазара. Това налага да се изходи от изисквания на пазара за опаковане на IKEA Specification ISO-P0010/2010.11.12; Version AA-171373-8.

Таблица 4.2 Детайли/ елементи на крака

№ по ред	Наименование				Наименования на крака						
	Елементи	изработени	В метал	покупни	New IDEIS for LEGS				LEG 110	Vika KAJ	Galant
					1	2	3	4			
1	Тръба $\frac{1 \Phi 50 \times 691}{2 \Phi 40 \times 686}$	да	да	-	+	+	+	+	Φ50 L100		
2	Чашка $\frac{1 \Phi 48,3}{2 \Phi 38,3}$	да	да	-	+	+	+	+	+	-	-
3	Болт $\frac{1 M8 \times 20}{2 M8 \times 60}$	-	$\frac{да}{да}$	$\frac{да}{да}$	+	+	+	+	+	-	
4	Чашка/болт 1 заварка 2 тел	$\frac{да}{да}$	$\frac{да}{да}$	$\frac{да}{да}$	+	+	+	+	+	-	-
5	Тръба/чаша/болт 1 Заварено 2 тел	$\frac{да}{да}$	$\frac{да}{да}$	да	+	+	+	+	+	-	-
6	Пета $\frac{1 \Phi}{M}$ реба	да	да	-	+	+	+	+	-	+	
7	Тапа $\frac{1 \Phi 48,3}{2 \Phi 38,3}$	-	-	$\frac{да}{да}$	+	+	+	+	-	Φ36	Φ36
8	Регулируема пета M8x20	-	-	да	+	+	+	+	-	+	+
9	Инструкция за монтаж-хартия	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+
10	Пакет от PVC 5бр.1 винтове 2	-	-	$\frac{да}{да}$	+	+	+	+	-	-	-
11	Картон 1и 2 долно 1долно Крафт хартия,вълна е 2 горно	-	-	$\frac{да}{да}$	+	+	+	+	-	-	-
12	Лепило „хот мел“ Хенкел	-	-	да	+	+	+	+	-	+	+
13	Кутийка 1+2 Крафт хартия,вълна е	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+
14	Тиксо 1 Солвент 5-30C ⁰ 2 хотмел 15-25 C ⁰	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+
15	Термо свиваемо фолио Флексосий- рН-НВ-ролка	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+
16	Ролка етикет-баркод	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+
17	Тръба $\frac{1 \Phi 45mm}{2 \Phi 38mm}$	$\frac{да}{да}$	$\frac{да}{да}$	-	-	-	-	-	-	1. ф45 2. ф38	1. ф45 2. ф38
18	Чашка заварена $\frac{1.сьюсна}{2.наклонена}$	$\frac{да}{да}$	$\frac{да}{да}$	-	-	-	-	-	-	1/ Φ65 600/900	1/ Φ65 600/900
19	Механизъм за промяна на височината	-	да	-	-	-	-	-	-	1/ Φ65 600/900	1/ Φ65 600/900
20	PVC- поливинил хлорид тиксо	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+
21	Кашон велпапе 140бр.	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+
22	Кутийка от едно картонче крафт от вълна Е	-	-	да	+	+	+	+	+	+	+

В таблица 4.2 са показани детайлите и елементите участващи в опаковката. Възникнаха проблеми при автоматизация на монтажните процеси и операции, основни и спомагателни, участващи при манипулирането на детайлите/елементите в автоматичната опакователна линия [88-92].

В позиция 22 е дадена опаковка от микровелпапе, изработена от едно картонче Фиг4.2. Чрез ръчно манипулиране се получава кутийката и чрез лепило да се получи кутийка. Но производителността е ниска. Но то даде идеологията да бъдат 2 катрончета. А трябва всички тези детайли/ елементи да отговарят на изискванията на стандарта на ИКЕА.



Фиг 4.2 Ръчно картонче от микро велпапе

От направените проучвания в глава 1, реализираните разработки и натрупания опит, отразен в глава 2, предложените иновативни подходи и методики за повишаване на ефективността и производителността за разработване и изграждане на автоматични машини и линии и анализи узря идеология потвърждава .

Всички детайли/ компоненти изработени, както от метал, така и на част от покупните е нужно да бъдат безупречно обработени с високо качество. Всеки от тях има проблеми с манипулирането им. Как ще се решава монтажният опаковъчен процес, автоматичното захранване на позициите с детайли/компоненти, какъв ще бъде изборът на автоматичните магазини, отсекатели, промишлени манипулатори, транспортни системи, хващачи, лепила и т.н., което потвърждава прилагането на стегнатото производство.

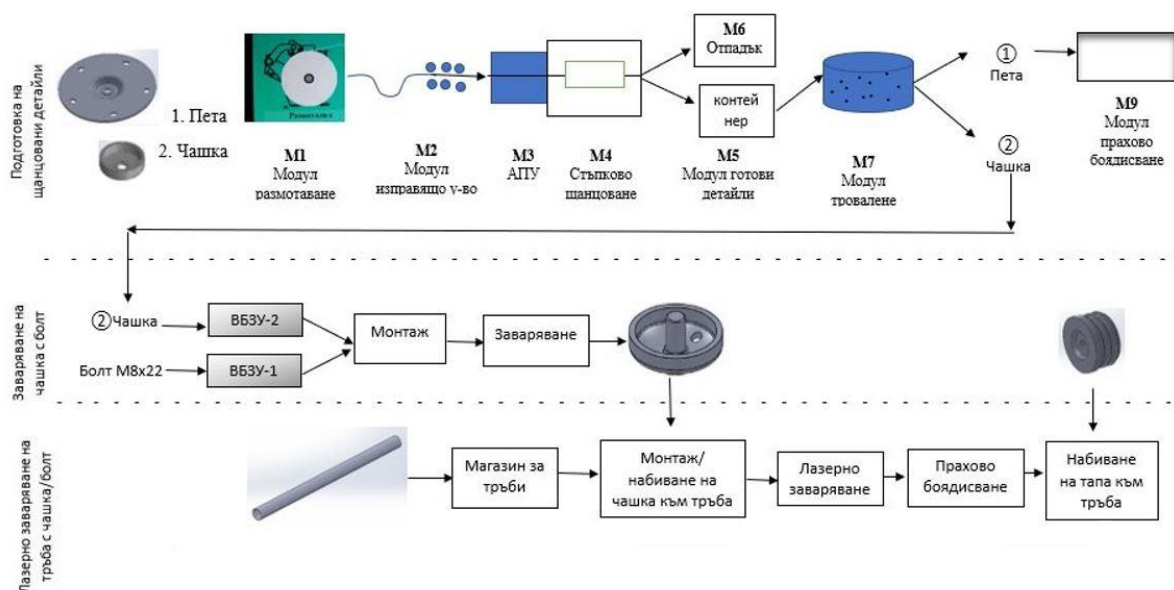
Следва да се разработят иновативни: автоматична монтажна машина 1 (АММ1), Автоматична монтажна машина 2 (АММ2), структурна компоновка на полуавтоматична опаковъчна линия и изградена автоматична опаковъчна линия.

За да се избегне първоначалното ръчно подаване на листовия материал се пристъпи към компоноване на нова автоматична машина с внедряване на иновативни елементи за подаване на заготовка към щанцата е внедрена нова иновативна машина със иновативни елементи. Тя включва: размотаващо устройство, изпращащо устройство, подаващо устройство. На фиг. 4.3 са показани новото изработване на пета и чашка с болт чрез основни и спомагателни операции.

Необходимата суровина са метални ГВ щрипси, марка стомана DD11, с размер 2,5x109 mm за детайл пета и 2,5x58 за детайл чашка. Те се произвеждат в дъщерната фирма на завода. Щрипса се поставя на размотаващото устройство,

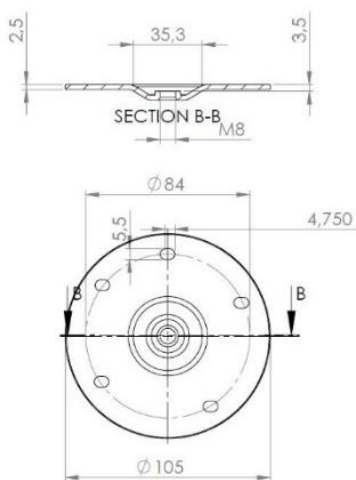
Съвкупността от размотаващо, изпращащо и подаващо устройство (фиг. 4.4, 4.5, 4.6) спомагат за повишаване на производителността и автоматизирането на производството. На фиг. 4.7. е представена ексцентрик преса с позиционирано подаващото устройство.

И при двата детайла едновременно се извършват операциите, включващи изрязването на размера, пробиването и вдлъбването.

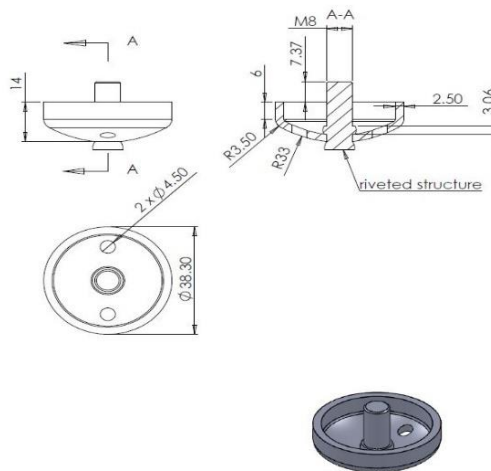


Фиг. 4.3 Структурна схема на нов технологичен процес

Поради получените усеньци от рязането на детайла, те претърпяват още една междинна операция – шлифование, включваща различни по форма и размери видове шлифовъчни тела, поставени във вибро машини (Тровалене) [93]. Като последна операция, която се извършва е резбоване в средата на детайла. На фиг. 4.8 е показан чертеж на детайла „Пета“, който включва един резбови отвор М8 и 5 бр. елипсовидни проходни отвори, а на фиг. 4.9 чертеж на детайл „Чашка“ [56, 57].



Фиг. 4.8 „Пета“



Фиг. 4.9 Чашка/болт за тръба

4.4. Определяне на производителността

От направените маркетингови произведения в собствените молове и на международните пазари, както и непрекъснатото следене на продажбите, IKEA оформя една желана производителност $Q=1200$ бр/ч $Q=1000$ бр/ч $Q=720$ бр/ч, за плотовете на маси солидарност с амбицията на IKEA да произвежда продукция съобразена с околната среда, задоволявайки изискванията на екологията, използване на рентабилна опаковка се възприема разработките на иновативните две автоматични монтажни машини, полуавтоматичната опаковъчна линия и структурна компоновка на цялостната

автоматична опаковъчна линия с предложената желана производителност от $Q=1200$ бр/ч [94-99].

Направени са изчисления на теоретичните тактове за ИАММ1;ИАММ2;ИПАОЛ и СКАОЛ като към желаната производителност Q^* са прибавени още 2% предвиден брак. По начало трябва и за четирите разработки да се възприеме $\tau_1^T = 1206$ бр/ч. Но поради конструктивни, технологични, хранващи, ориентиращи и особено избора на работна лимитираща операция се прие разработването им да бъде по отделно.

Така се утвърди идеологията съобразена с възникналите трудности в производството на тръбна мебел и проблема при опаковането на продукта-крака за плотове на маси. Пристъпи се към изчисляване и определяне времената при автоматизирането на дискретните производствени процеси и операции основни и спомагателни. Отнася се от една страна до изработване на част от детайлите от метал, а другата участието на покупните детайли/елементи, компоненти отразени в таблица (4.2) но изграждането им трябва да удовлетвори разработките да бъдат пренастройваеми.

Оказа се, че основната опаковъчна операция стъпка 5 на позиция 5 се нанася на капки на две пътеки върху перата/ капки на долната кутийка $t_{рл} = 3.94$ s с $t_{пр.х} = 1$ s и $\sum t_{из.п.з} = 0.06$ s което е $t = 5$ [s]. В същото време изпарява и част от разредителя. Така се получава взаимното залепване.

Вторият проблем Покупните компоненти и на инструкция за монтаж-хартия и 5бр винтове в пакет PVC в настоящия етап се обслужва от един оператор.

Трети проблем. Съвместяване на операции- заваряване с лазер и операция контрол на заварка.

Четвърти проблем. Съвместяване на всички операции с термотунел.

След изчисляване на всички работни лимитиращи работни времена $t_{рл}$ се престъпва към изчисляване, анализиране и съгласуване на времената за: празните ходове, $t_{прх}$; сумарни, извънциклови, собствени - $\Sigma t_{соб}$, допълнителни $\Sigma t_{доп}$ и ремонтни $\Sigma t_{рем}$ за загуби, след което се нанесоха в таблица 4.3.

Действителните тактове за всяка действаща автоматична техника са както следва: ИАММ1 $\tau_1^T = 6$ [s], ИАММ2 $\tau_2^T = 3.57$ [s], ИПАОЛ $\tau_3^T = 5$ [s] и СКИАОЛ $\tau_4^T = 4$ [s].

Иновативна автоматична монтажна машина е дублирана, за да изпълни производствената програма на фирмата.

Определените стойности за теоретичен такт и производителност са представени в таблици 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3 Изчисляване на теоретичните тактове

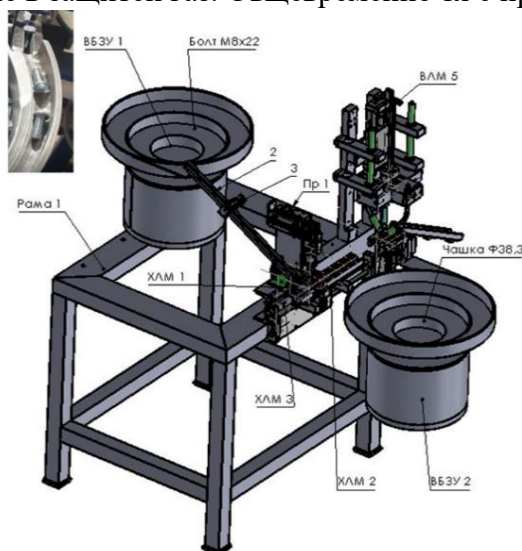
№ на вариант	$t_{р.л}$	$t_{пр.х}$	$t_{ц}$	$\Sigma_{син}$	$t_{обр}$	$\Sigma t_{рб}$	$T_{ар.т}$	$t_{прен}$	$t_{бр}$	$\Sigma t_{доп}$	$t_{тр}$	$t_{ппр}$	$\Sigma t_{рем}$	$\Sigma t_{из.ц}$	$\tau_2^д$
	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
ИАММ1	5	0,7	5,7	0,05	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05	0,2	0,05	0,05	0,1	0,4	6 детайла
ИАММ2	3	0,54	3,54	0,05	0,05	0,1	0,05	0,025	0,025	0,1	0,05	0,05	0,1	0,3	3,57
ИПАОЛ	3,94	1	4,94	0,01	0,01	0,02	0,01	0,005	0,005	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	5
СКАОЛ	2,94	1	3,94	0,01	0,01	0,02	0,01	0,002	0,005	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	4

Таблица 4.4 Изчисляване на производителността

№	АТ	$t_{р.л}$	$t_{пр.с}$	$t_{ц}$	$K = \frac{1}{t_{рл}}$		$Q_{тех} = \frac{1}{t_{р.л} + t_{пр.х} + t_{соб}}$	$Q_{тех}$	$Q_{фак} = \frac{1}{t_{р.л} + t_{пр.х} + \Sigma t_{соб} + \Sigma t_{доп} + t_{рем}}$	$Q_{фак}$
		s	s	s	s	бр./h	s	бр./h	s	бр./h
1	ИАММ1	5	0.7	5.7	0.2	720/1440	$Q_{тех} = \frac{1}{5 + 0.7 + 0.1}$	620,8/1241	$Q_{фак} = \frac{1}{5 + 0.7 + 0.1 + 0.1 + 0.1}$	600/1200
2	ИАММ2	3	0.54	3.54	0.333	1199.9	$Q_{тех} = \frac{1}{3 + 0.51 + 0.1}$	1014,8	$Q_{фак} = \frac{1}{5 + 0.54 + 0.1 + 0.1 + 0.1}$	1008
3	ИПАОЛ	3.94	1	4.94	0.202	728,744	$Q_{тех} = \frac{1}{3.94 + 1 + 0.02}$	725,806	$Q_{фак} = \frac{1}{3.94 + 1 + 0.02 + 0.02 + 0.02}$	720
4	СКАОЛ	2.94	1	3.94	0.254	913,706	$Q_{тех} = \frac{1}{2.94 + 1 + 0.02}$	909,09	$Q_{фак} = \frac{1}{2.94 + 1 + 0.02 + 0.02 + 0.02}$	900

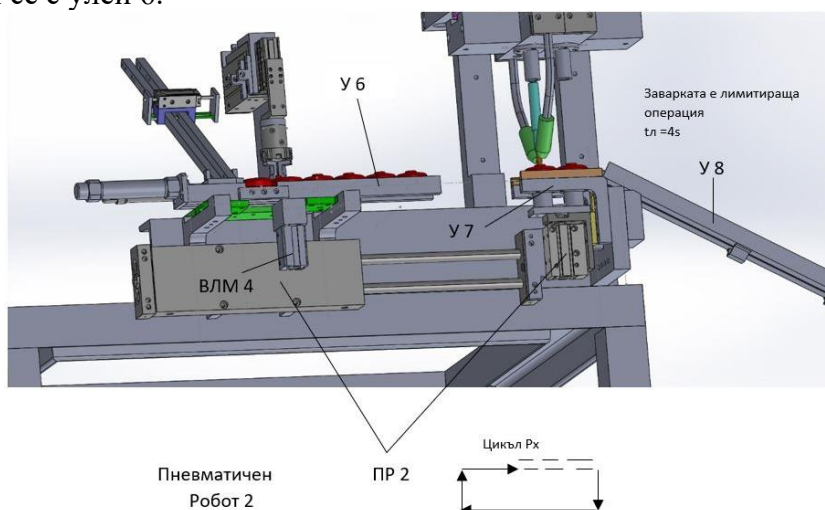
4.5. Иновативна автоматична монтажна машина 1 (ИАММ1)

Служебното предназначение на иновативна АМЛ е да извърши две операции, монтаж на щанцована метална чашка с болт М8х20mm (покупен) и застопоряване чрез електродъгово заваряване в защитен газ. Същевременно тя е пренастройваема.



Фиг. 4.10 Автоматична машина 1- АМ 1

Лимитиращата операция е заваряване на 2 точки болт- чашка. Тази операция е съобразена с един пневматичен вертикален модул 5 (ВЛМ.5), носещ заваръчните 4 бр. електроди едновременно заваряващи 2 бр. чашка/болт за време $t_{рл} = 4$ s, от заваръчен апарат МИГ/МАГ Фиг. 4.12. Понеже при заваряване се отделят искри, модулът е заграден с предпазен щит. По време на изпълнение на операция заваряване, пневматичния робот 2 изпълнява цикъл 2, вертикалният модул слиза надолу, следва придвижване на хоризонталния модул, после вертикалният модул се издига нагоре, изравнявайки се с улей 6.



Фиг.4.12. Заваряване на чашка с болт М8х20 mm

4.6. Иновативна автоматична монтажна машина 2 (ИАММ 2)

Иновативната автоматична машина 2 фиг. 4.13 е проектирана и изработена за извършване последователно на следните стъпки:

Стъпка 1. Монтаж на операции- набиване на завареният детайл чашка/болт в тръбата;

Стъпка 2. Осъществява се контрол за проверка набиване на чашка/болт в тръбата, осигуряващ следващата работна позиция;

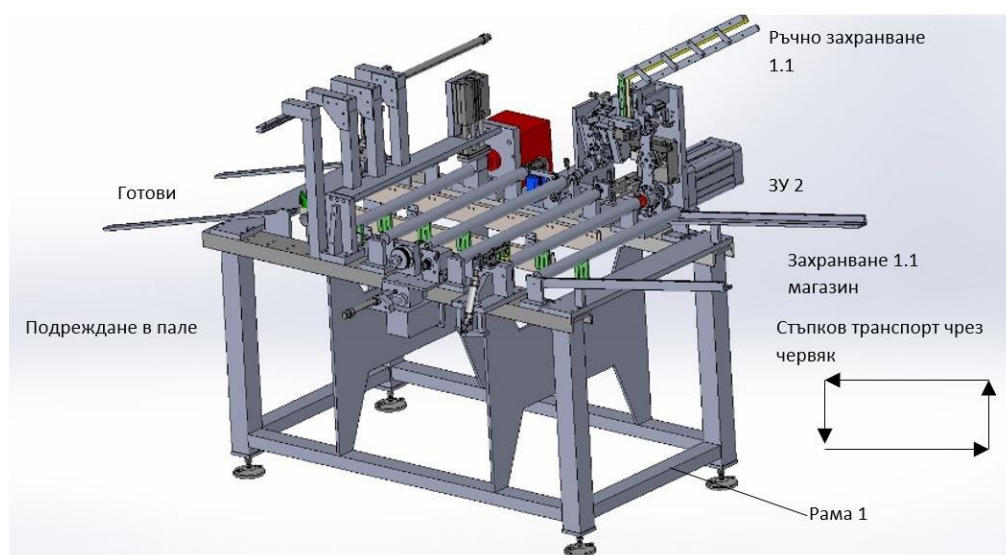
Стъпка 3. Лазерно заваряване на набитата чашка/ болт в тръбата. Тя е лимитиращата операция на АМ 2 при действителен такт $\tau^d = 4$ s/бр., осигуряваща производителност $Q_p = 900$ бр./ h.;

Стъпка 4. Свободна;

Стъпка 5. Тестване на заварката с натоварване чрез пневматичен цилиндър, осигуряващ натиск от 800 kg.;

Стъпка 6. При издържан тест, готовият детайл се прехвърля през улей в контейнер за готови изделия. Ако при теста се установи: лоша заварена чашка/болт с тръбата или не отговаря по дължина, или се спуска заваръчния шев на тръбата, детайла се отстранява за брак чрез пневматичен манипулатор в контейнер за брак. Автоматичната машина 2 е проектирана и изработена пренастройваема.

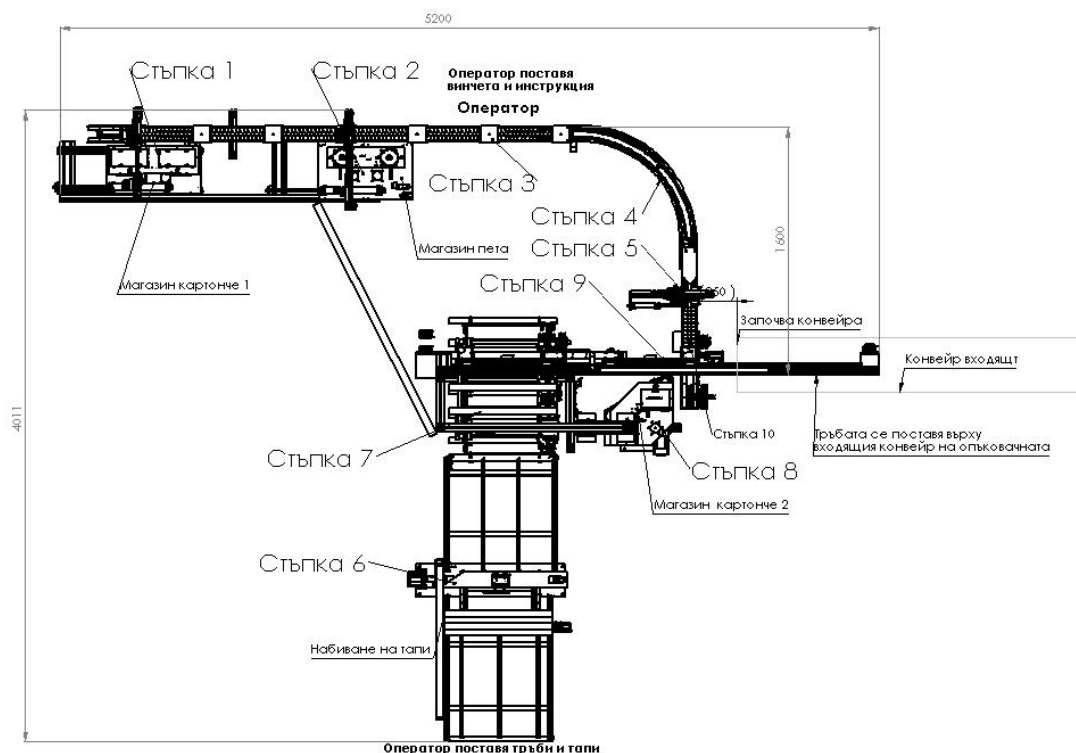
Всички операции осъществяващи монтаж, контрол, лазерно заваряване, свободна стъпка, тестване и пневматичен робот, отстраняващ брака се монтирани на основна рама, в която е вграден 7 стъпков линейен транспортър.



Фиг.4.13. Автоматична машина 2 (АМ 2)

4.7. Иновативна полуавтоматична опаковъчна линия (ИПАОЛ)

На фиг. 4.21 е представена структурната компоновка на къса иновативна пренастройваема полуавтоматична линия за опаковане на крака „Къри“ и „Адилс“. Производството на краката е масово. Съвместен монтаж на крака и плота изграждат маси. С промяната на вътрешния дизайн се променя и дизайнът на масите, което се отразява и на дизайна и на масите.



Фиг. 4.21. Структурна компоновка на опаковъчна линия

Полуавтоматичната линия е изградена от три участъка. Участък 1 (У1) се състои от 5 стъпки (позиции), Участък 2 (У2) от 3 стъпки (перпендикулярен на У1) и трети събирателен участък 3 У3- от 2 стъпки.

В Участък 1 последователно са разположени позициите реализиращи монтажните стъпки на основните и спомагателните операции при манипулиране на детайлите за опаковане

Участък 2 (У2) се съвместява перпендикулярно с У1. В него са реализирани последователно три стъпки, изпълняващи необходимите основни и спомагателни операции

Участък 3- Фиг. 4.32. Той е събирателен участък

4.8. Структурна компоновка на иновативна автоматична опаковъчна линия

Служебното предназначение на структурната компоновка на иновативната автоматична опаковъчна линия е да се извършат последователно две опаковки, показана на фиг. 4.34



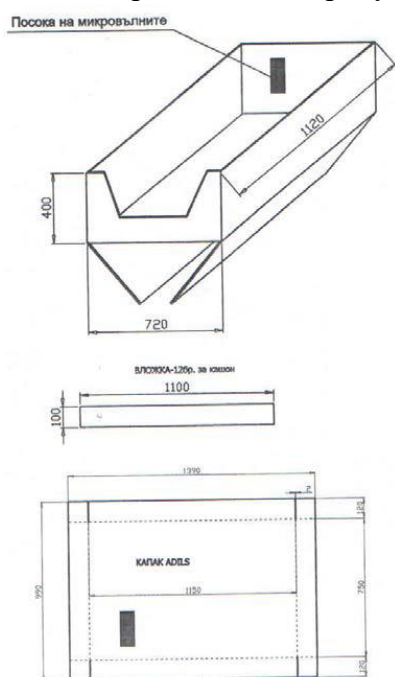
Фиг.4.34 Структурна компоновка на ИАОЛ

В участък 2 (У2) е монтиран верижен стъпков транспортър с дължина $L=1,8$ m, на който са разположени 12 броя автоматични хващачи на разстояние 152,4 mm със стъпка 3/8 цола по стандарта на DIN ISO 08-B1. Последователно се манипулират: тапа с пета, тръба (крак), чашка/болт и картонче 2.

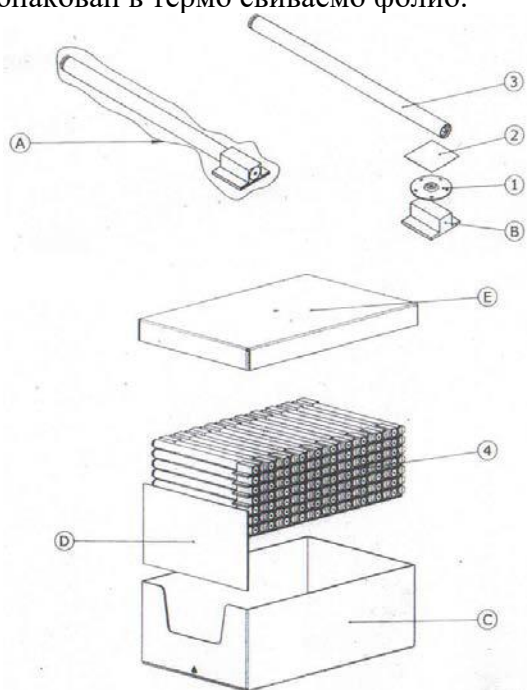
Тук се съвместява У1, У2 и У3 и така се осъществява залепването на долната кутийка (картонче 1) и горната кутийка (картонче 2).

Фолираната вторична (облечена) опаковка навлиза в термотунела/пещ (позиция 4), осигуряващ температура между $T=160\div180$ °C. При излизането на изделието от термотунела се оформя плътен пакет, съвместяващ тръбата с кутийка 1 и 2. Готовият продукт се поема от линеен транспортър с плоска лента (позиция 5), където се изстудява до стайна температура. Следва автоматично залепване на продукта с баркод след което пристъпват към опаковане в кашони.

Оператор ръчно подрежда готовият продукт в кашоните от велпапе. За да бъдат плътно подредени пакетите в кашоните, те се завъртат на 180 °C през пакет. На фиг. 4.36 е показан пакетиращия готов продукт А, опакован в термо свиваемо фолио.



Фиг. 4.35. Размери на кашон

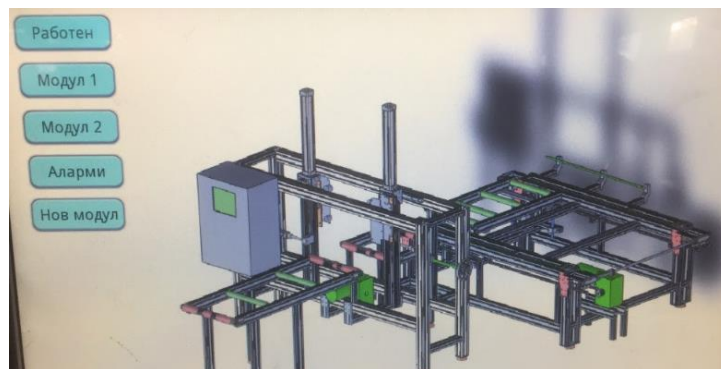


Фиг. 4.36. Подреждане на опаковка „Крак 2“

4.9.Проектиране и програмиране на машина за автоматично залепване на кашони с готова продукция

4.9.1. Визуализация на машина с (HMI

Основен принцип на визуализацията е да пресъздаде работата на машината и да покаже основните процеси за изпълнение на цикъла. Визуализация на (HMI-Human-Machine Interface) връзка човек-машина представя работата на избраната машина и може да контролира нейните изпълнителни органи в ръчен режим. Също така показва действието на всички сензори и следи за възникнали аларми и алармени събития [100].



Фиг. 4.37 Основна визуализация на HMI на машина за лепене на тиксо

4.9.2. Визуализация на машина с (SCADA)

Основен принцип на визуализацията е да пресъздаде работата на машината и да организира основните връзки между различните устройства. Връзката е създадена по профинет и събира данни от контролера и ги праща към SCADA. SCADA събира данните и ги препраща към други периферни устройства като принтер за надписване на кашони и HMI. Основната визуализация следи процеса и показва скоростта на цялата система.

4.10. Заключение:

В Глава 4 са представени настъпилите и желаните промени в промишленият свят, които са обобщени на база маркетингови проучвания. Възникнала е нова ИДЕОЛОГИЯ, създаването продукт от IKEA да бъдат удобни, леки, създадени чрез нови иновативни технологии в практична и удобна опаковка. Избрани са най-подходящите суровини и средства, отговарящи на стандартите по ISO от ЕС, които да спомогнат за осъществяването на тази цел.

Чрез внедряване и синергично използване на модули е създадена иновативна технология за щанцоване, посредством размотаващо, изправящо и подаващо устройство. Синергичното използване на технологиите повишава производителността на заготовителните детайли се увеличава приблизително с 35-40%.

Проектирани, разработени и внедрени в производството, посредством софтуерен продукт са:

1. Иновативна автоматична монтажна машина за заваряване на детайли чашка с болт;
2. Иновативна автоматична монтажна машина за заваряване на детайли чашка/болт с тръба;
3. Иновативна полуавтоматична опаковъчна линия.
4. Структурна компоновка на иновативна автоматична опаковъчна линия.

Разработената конкурентно способна структурна компоновка на автоматична опаковъчна линия за опаковане в опаковка на микро велпапе на цялостна опаковка (комплект) и тяло на крак „Адилс“ с действителен такт $\tau_d = 4 \text{ s}$. За опаковането на изделие „ADILS“ производителността е 24 бр/min.

Разработена и програмирана е иновативна машина за залепване на кашони с тиксо чрез софтуерна програма SCADA, която събира данните и ги препраща към други периферни устройства. Също така показва действието на всички сензори и следи за възникнали аларми и алармени събития.

Глава 5

Бъдещи проекти

1.1. Иновативен Крак

Проекта за иновативен крак, представен на цели да се премахнат част от съществуващите операции- щанцоване на детайл чашка, заваряване на чашка с покупен болт, заваряване на чашка/болт с тръба за крак. Принципната схема при новият иновативен крак е следният: На револверна глава се нарязва едра резба директно върху външният диаметър на тръбата. По същият начин се нарязва резба и на щанцованата повлачена пета. По този начин съединяването на двата детайла става чрез въртливо движение на тръба и пета.

1.2. Отдел за шатъл заваряване

На територията на завода е планирано да се изгради цех за автоматизирано, роботизирано заваряване. С тази иновативна система за роботизирано заваряване се постига висока продукция, минимални грешки и малък брой работна ръка.

1.3. Заключение

Благодарение на иновативните технологии, които е планирано да се внедрят се намаляват операциите при технологичния процес на изработване на готовият детайл крак за плотове за маси. Чрез внедряване на отдел за шатъл заваряване се увеличава качеството и се намаля броя служители, които участват в процеса на заваряване.

И двете иновативни технологии допринасят за увеличаване на ефективността на производството при производство на тръбна мебел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съставен е обзор за производство на тръбни мебели и компоненти. Анализиран е производствен процес на тръбна мебел през етапите му на развитие. Обърнато е внимание на видове изделия, които са произведени, както и техният обем. На база на съставените анализи се констатира, че изделията с най-голям обем производство са краката за плотове на маси. От изключителна важност е запазването качеството на произвежданата продукция, както и тяхното пакетиране и транспортиране. От направеният анализ на опаковъчни продукти и технологии, спрямо изисквания за качество на ИКЕА са избрани този тип продукти, които са най-удачни за автоматизиране, екология и икономическа ефективност.

На база на направения анализ в глава 1 е обърнато внимание на технологичния процес и суровина за крака на маси. Изделието е избрано поради автоматизационна дружелюбност. Съставните му компоненти и монтажопригодността му са удачни за автоматизиране на технологичния процес. Разгледани са четири варианта за автоматизиране на технологичния процес. Изчислена е желаната и действителна производителност. На база на критерии и фактори са избрани варианти 3 и 4, които покриват желаното качество и обем.

На база маркетингови проучвания и повишени изисквания за опаковка на изделията е необходима корекция на следните характеристики: размери, тегло, вид опаковка и наименование. Съставени са подходи и методики, по които да се проектират иновативни машини с повишена производителност, контрол на качеството, подобряване на опаковката, повишаване на безопасността и намаляване на разходите за производство.

Представени са нови изисквания на опаковъчни материали, задоволяващи нуждите на развиващият се свят. Описана е доставната суровина, използвана за производството на новият вид изделие. На база на желана годишна производителност е калкулиран теоретичен такт и е сравнен с действителния. Получената действителна производителност и действителния такт отговаря на предварително зададените критерии. Проектирани, изработени и внедрени в производството са четири броя иновативни машини, които да отговорят на повишените изисквания. Иновацията на тези машини се състои в синергично използване на модули, внедряване на индустрия 4.0 и интелигентно управление на брака. Четирите иновативни машини са както следва: автоматична монтажна машина за заваряване на чашка с болт; машина за лазерно заваряване на тръба към чашка/болт; опаковъчна линия и структурна компоновка на опаковъчна линия.

Полуавтоматична машина е проектирана и внедрена в производството за автоматично залепване на кашони с готова продукция. По време на производствения цикъл внедрените елементи от индустрия 4.0 дават възможност за: проследяване на аларми и нередности по време на процеса; съставяне на база данни с информация за произведено количество; съставяне и изпращане на отчет към облак. Отчетът съдържа данни за мониторинг.

Иновативните технологии допринасят до намаляване на операциите при технологичния процес. Използването им увеличава производителността, качеството, намалява разходите, повишава безопасността и допринася за предпазването на околната среда.

Научно- приложни приноси в дисертационния труд:

Приносите в дисертацията имат основно научно-приложен характер и са както следва:

5. Анализирани и систематизирани са различните методи и средства за реализация на процеси на щанцоване, заваряване и опаковане на тръбни изделия.
6. Обсъдени са съществуващи проблеми, решения и желани промени, касаещи производството на тръбна мебел
7. Изследвани са влиянието на ИКТ върху методите за производство на тръбна мебел.
8. Предложени са иновативни подходи и методики за проектиране на машини за автоматично щанцоване на пета и чашка на крак за маса и за повишаване на ефективността и производителността на автоматични машини за крака за маси.
9. Предложени са иновативни методики за повишаване на производителността на опаковане.
10. Проектирана, разработена и внедрена в производството е иновативна автоматична монтажна машина в два варианта.
11. Проектирана, разработена и внедрена в производството иновативна полуавтоматична опаковъчна линия.
12. Предложена е структурна компановка на иновативна автоматична опаковъчна линия.
13. Направени са експериментални разработки и симулации на различни методики в индустриална среда.
14. Защитена е интелектуална собственост.
15. Разработените автоматични машини са съобразени с европейските стандарти.
16. Оказана е методологична помощ при усвояване на принципът им на работа
17. Повишено е качеството, обема и ефективността на произвежданата продукция
18. Резултатите от експериментите са верифицирани и анализирани с цел повишаване качеството на продукцията и нейната производителност
19. Предложени са бъдещи проекти- Иновативен крак.

Б Л А Г О Д А Р Н О С Т И

Имах честта да работя под ръководството на проф. д-р Димитър Карастоянов, който ме подкрепяше и помагаше през годините – сърдечно благодаря за помощта му.

Също така искам да благодаря на проф. дмн Галя Ангелова за възможността да работя с уникална и модерна научно-изследователска апаратура в Smart Lab към ИИКТ-БАН.

Разбира се, бих искал да изкажа благодарности и на доц. д-р Николай Стоименов за методическите указания и насоките, които ми даде.

Благодаря също на проф. д-р Тодор Нешков и на доц. д-р Любен Ключков от катедра АДП към МФ на ТУ-София за подкрепата през всичките години от докторантурата ми.

Сърдечно Благодаря на всички !!!

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Български тълковен речник, „НИ“ Л. Андрейчин, Ст. Илчев, Н. Костов, Ив. Леков, Ст. Стойков, Цв. Тодоров, четвърто издание, допълнено и преработено от Димитър Попов, 2018, ISBN-10:954-02-0156-X; ISBN-13:978-954-02-0156-6
- [2] ИНОВАЦИИТЕ – ЕВРОПЕЙСКИ, НАЦИОНАЛНИ ПОЛИТИКИ, научен редактор проф. д.ик.н М. Петров, Фондация „Приложни изследвания и комуникации“ ARC FUND, 2008 г.
- [3] Дамянов Д., Гешев Т. и Чукалов К., „Четвърта индустриална революция- същност и проблеми“, ИК „КИНГ“ С 2019, ISBN: 978-954-9518-97-9
- [4] Schwab Kl., (2016): The Fourth Industrial Revolution, King Edition
- [5] Клаус Шв., Ванхан П., „Капитализъм на заинтересованите“, глобална икономика в полза на прогреса, хората и планетата, изд. „КАТЕХОН“, С. 2021 г., ISBN: 987-619-01-08949-8
- [6] <https://www.ikea.bg/> (последно посетен 12.2021г.)
- [7] IKEA Specification ISO – 0010/2010.11.12, Version AA-171373-8, замества AA-171373-7
- [8] Stoimenov N., Panev P., Karastoyanov D., Software for 3D Modeling, Simulation and Optimization. XXVII International Scientific and Technical Conference, ADP - 2018., June 21-24th 2018, Publishing House of Technical University of Sofia, ISSN:13 10 - 3946, pp. 329-334
- [9] Lombard M., SolidWorks 2009 Bible Wiley Publishing Inc., 2009, ISBN: 978-0-470-25825-5
- [10] Paneva M., Research of Mechanical Characteristics in Tensile Tests of Low Carbon Steel Samples During Transformation from Hot Rolled to Cold Rolled Sheet Metal. 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, 70, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, 2018, ISSN:1847-7917, pp. 153-158
- [11] Paneva M., Stoimenov N., Hardness of Working Rolls for Cold Rolling Mill. 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, 2019, ISBN:E-978-605-68537-4-6, pp. 203-206
- [12] Метал ин <https://metalin.com/bg/pages/Kakvo-predstavlyava-shtantzovaneto.html> (последно посетен Декември 2021г.)
- [13] Производство на матрици <https://www.engineering-review.bg/bg/proizvodstvo-na-matrici-shtanci-i-presformi-komponenti-i-materiali/2/3747/> (последно посетен Декември 2021)
- [14] <https://www.polymeta.bg/home?v=461b1990fe86> (последно посетен Декември 2021)
- [15] Д-р инж. Петър Д. Димитров, Проектиране, изработка и експлоатация на инструментална екипировка за пресова обработка на листов материал. <https://leanpub.com/proektirane-izrabotka-i-eksplotacia-na-instrumentalna-ekipirovka-za-stancovane/read> (последно посетен Декември 2021г.)
- [16] Видове опаковки, <https://www.packit.bg/vidove-opakovachni-materiali.html> (посетен декември 2021 г.)
- [17] Интелигентно европейско опаковане - ProPack <https://propackmagazine.bg> (посетен декември 2021 г.)
- [18] Булекопак А. Д., Основни изисквания към опаковките в Европа.
- [19] PRO EUROPE, Ефективно опаковане – ефективно предотвратяване, 2008.

- [20] Стреч фолио <https://www.packit.bg/bg-news-details-18.html>, (посетен ноември 2021 г.)
- [21] Полиетилен <https://elplast-bg.com/%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B%D0%B5%D0%BD/> (последно посетен ноември 2021)
- [22] <https://printguide.info/pomoshtnik/vidove-velpape,560.html> (посетен ноември 2021 г.)
- [23] Интелигентно европейско опаковане - ProPack <https://propackmagazine.bg> (посетен Декември 2021г.)
- [24] МАКСЕТ, <https://www.makset.eu> (последно посетен Декември 2021г.)
- [25] Видове тиксо, <http://tikso.bg> (последно посетен Декември 2021г.)
- [26] „Заваряване“, ТУ София, 2009 г., доц. д-р М. Тонгов
- [27] EN ISO 4063:2009
- [28] https://metalin.com/bg/pages/Kolko-vida-zavaryavane-ima?fbclid=IwAR2PKU2gpkMEhw8nvmfM3rV4u6Ofu6l41GI6st4Hd4N9oAVOxNqZh_Gawzb8
- [29] <https://www.engineering-review.bg/bg/lazerno-zavaryavane/2/2335/> (последно посетен Декември 2021г.)
- [30] „Технология на заваряването“, ТУ София, 1987 г., проф. д.т.н. К. Велков
- [31] <https://www.redco.bg/> (посетен декември 2021 г.)
- [32] <https://www.harkobg.com/> (посетен декември 2021 г.)
- [33] <http://en.maxphotonics.com/> (посетен декември 2021 г.)
- [34] Божинов Б., Наръчник по опаковане, С., 2005.
- [35] Булекопак А. Д., Основни изисквания към опаковките в Европа.
- [36] П. Панев, Методи и средства за иновативно опаковане и запечатване на опаковки, International Conference RAM 2018, July 24-26, 2018, Sofia, pp. 56-60, ISSN 1314-4634.
- [37] Маркова Н., С. Стефанов, И. Илкова, Опаковъчна техника и технология, ръководство. Пловдив, 2008.
- [38] Автоматизация на дискретното производство, под общата редакция на проф. Вл. Гановски, монография, машиностроене, М., 1987г, ДИ „Техника“, 1990 г. С.
- [39] Бояджиев, Ил., Клочков Л., Монов Б.. Ръководство за лабораторно упражнение и курсово проектиране по автоматични линии, печатна база ВМЕИ „Ленин“, С., 1980г.
- [40] Гановски, Вл., Бояджиев Ил., Нешков Т., Ликов Ц., Механизация и автоматизация на монтажните процеси в машиностроенето, ДИ „Техника“, С., 1986г.
- [41] Гановски, Вл. и колектив, Автоматизация на производствените процеси с манипулатори и роботи, ДИ „Техника“, С., 1985г.
- [42] Гановски, Вл. Бояджиев Ил., Клочков Л., Автоматични линии, Печатна база при ВМЕИ „Ленин“, С., 1989г.
- [43] Нешков Т., Гъвкава автоматизация на монтажа (мехатронен подход) Монография., ТУ-София, МФ, катедра „АДП“, С., 2007г.
- [44] „Ефективността е нашия стандарт – АМК“, Списание „Автоматика и информатика“ Брой 1 2012г.
- [45] Малаков И., ”Нискостойностна автоматизация в дискретното производство” – ТУ – София 2009г.

- [46] Волчкевич Л. И., Автоматизация производственных процессов – Москва, Машиностроение, 2005г.
- [47] Boothrouth G. Assembly Automation and Product Design. – Taylor & Francis Group, Published in 2005
- [48] Комплексна автоматизация на дискретното производство (2015), ТУ-София, стр. 154-177
- [49] Автоматизация на дискретното производство, под общата редакция на проф. д-р Вл. Гановски, Монография, ДИ „Техника“, С., 1990.
- [50] Стоименов Н., Гьошев С., Панев П., Ключков Л., Автоматизиране на опаковъчните процеси и операции на крак „кърри“. Част I: Оценяване степента на пригодност на детайлите участващи в автоматичното им опаковане. International Conference Robotics, Automation and Mechatronics'13 RAM 2013
- [51] Ключков Л., Георгиева В., „Автоматични машини и линии за опаковане“, Комплексна автоматизация на дискретното производство, 45г. АДП, под общата редакция на проф. д-р Иво Малаков и доц. д-р Стилян Николов, Глава 8, стр. 154-177, ТУ-София (2015)
- [52] Stoimenov N., Karastoyanov D., Klochkov L., Study of the Factors Increasing the Quality and Productivity of Drum, Rod and Ball mills, 2nd Int. Conf. on Environment, Chemical Engineering & Materials, ECEM '18, Malta Sliema, June 22-24, 2018, AIP (American Institute of Physics) Publishing house, Vol. 2022, Issue 1, ISBN: 978-0-7354-1740-3, pp. 020024-1 - 020024-6 (2018)
- [53] Митев М., Ключков Л., „Възможности за автоматизиране на монтажните операции при опаковане на шоколадови бонбони“, XXI МНТК, Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2012“, 20-23 Юни, Созопол 2012г., стр. 330-340, ISSN – 13 10 -3946 (2012)
- [54] Илиева, Р., Ключков Л., „Резерви за повишаване производителността на автоматична опаковъчна машина“, Тринадесета национална научно-техническа конференция с международно участие “Автоматизация на дискретното производство” АДП 2004. Научни известия на НТС по машиностроене, год. XI, бр. 10 (78), София, октомври 2004, с. с. 389-394 , ISSN – 13 10 -3946 (2004)
- [55] Stoimenov N., Karastoyanov D., Klochkov L., Study of the Factors Increasing the Quality and Productivity of Drum, Rod and Ball mills, 2nd Int. Conf. on Environment, Chemical Engineering & Materials, ECEM '18, Malta Sliema, June 22-24, 2018, AIP (American Institute of Physics) Publishing house, Vol. 2022, Issue 1, ISBN: 978-0-7354-1740-3, pp. 020024-1 - 020024-6 (2018)
- [56] Ройдев М., Георгиева В., Стоименов Н., Ключков Л., Панев П., Разработване на автоматична линия за опаковане с еднократна опаковка, XXV МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2016” 23-26 Юни, Созопол 2016г., ISSN – 13 10 -3946, 2016, стр.232-239.
- [57] Panev P., Development of Automatic Packing Line for Single Packs. 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, 70, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN:1847-7917, 2018, pp. 149-152.
- [58] Гановски Вл., Бояджиев И., Ключков Л., Автоматични линии, Печатна база при ВМЕИ „Ленин“, С., 1989.

- [59] Нешков Т., Клочков Л., Димитров М., Нови тенденции в областта на автоматичното бутилиране на хранителни течности. XI, НТК, „АДП“, бр.2 (58) 10.06.2002 ISSN 13103946.
- [60] PRO EUROPE, Ефективно опаковане – ефективно предотвратяване, 2008.
- [61] Bocevska A., Neshkov T., Intelligent Manufacturing Systems, Heronpress, Sofia, 2014.
- [62] <https://www.polymeta.bg/home?v=461b1990fe86> (последно посетен Март 2021)
- [63] Д-р инж. Петър Д. Димитров Проектиране, изработка и експлоатация на инструментална екипировка за пресова обработка на листов материал. <https://leanpub.com/proektirane-izrabotka-i-eksplotacia-na-instrumentalna-ekipirovka-za-stancovane/read> (последно посетен Март 2021)
- [64] Изисквания за геометрична точност, ISO/ TC 213, ISO/ TC 10
- [65] <https://www.solidworks.com/>, (последно посетен 12.2021 г.)
- [66] БДС ISO 14405-1
- [67] Иванова Б. и колектив, Добри перспективи за здравословни и безопасни условия на труд, 1-во издание, юни 2017, Ankara, ISBN: 978-605-68565-0-1
- [68] Закон за здравословни и безопасни условия на труд, чл. 275, ал.1, КТ
- [69] <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/106191/> (последно посетен 12.2021 г.)
- [70] БДС Компас, Безопасност на машините, Издание на български институт за стандартизация, бр. 4, юли- август 2012
- [71] Директива 2006/42/ЕО
- [72] „Използване на работното оборудване“, Гл. 6 от Наредба № 7 от 23.07.1999 г.
- [73] Христов Д., Пладие А., Технические средства и оборудование для пакетирования продукции, Машиностроение, М., 1982.
- [74] Соломенко М., Шредер В., Тара из полимерных материалов, Химия, М., 1990.
- [75] Малаков И., Ръководство за лабораторни упражнения по нискостойностна АДП, 1999.
- [76] Юруков Хр., Етикиране и представяне на храните, Наръчник, КООП, ХВП, Инфдизайн, С., 2008.
- [77] Андреев А., Христов К., Масларски Д., Техника и технология на мляко и млечни продукти, С., 1992.
- [78] Bocevska A., Neshkov T., Intelligent Manufacturing Systems, Heronpress, Sofia, 2014.
- [79] GROOVE Mikell P., “Automation Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing”, Third education, Pearson Prentice Hall International ISBNO – 13 – 207073 – L, (2008).
- [80] Dimitrov L., “Principles of mechanical engineering design” Heron press, S., (2009).
- [81] Tomov, P., Dimitrov, L. The role of digital information models for horizontal and vertical integration in intelligent production. Facta universitatis, Series: Mechanical Engineering 17 (3), 397-404, (2019)
- [82] Barbieri G., Fantuzzi C., Borsari R, A model-based design methodology for the development of mechatronic systems, Mechatronics, Volume 24, Issue 7, October 2014, pp. 833-843
- [83] Wehrmeister A., Pignaton E, Binotto A., Combining aspects and object-orientation in model-driven engineering for distributed industrial mechatronics systems, Mechatronics, 24 (2014), 844–865
- [84] SCADA Systems <http://www.scadasystems.net/> (last accessed August 2021)
- [85] Roth, A. (2016), Einfuehrung und umsetzung von Industrie 4.0, Springer Gabler, (S. 79)

- [86] Bauernhansl, Th. (2014) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Weisbaden: Springer Vieweg, Berlin
- [87] https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE, (последно посетен 12.2021 г.)
- [88] H. Yu, X. Liu, X. Ren, Behaviour of longitudinal cracks on slab surfaces in V-H rolling processes, Steel Res. Int., 2 (2008), pp. 537-544, 10.2374/SRI07SP066-79-2008-xx
- [89] M.Nioia, S.Celottob, C.Pinnaa, E.Swartb, H.Ghadbeigia, Journal of Materials Processing Technology, Volume 249, November (2017), Surface defect evolution in hot rolling of high-Si electrical steels, Pages 302-312
- [90] S. Shainu, T.K. Roy, B.K. Dey, R.K. Sharma, N.C. Gorain, S. Dhar, C.V. Sastry, Study on Slab Surface Defects and Generation of FeO Type Slivers in Hot Rolled Coils Tata Steel Ltd., Jamshedpur (2008)
- [91] S.-L. Lee, J. Choi, Deformation analysis of surface defect on hot rolling by 3-D FEM simulation, Rev. Metall. Cah. Inf. Tech., 105 (2008), pp. 127-135, 10.1051/metal:2008025
- [92] Ivanchev I., Stoimenov N., Sokolov B., Testing of Concrete by Contactless Non-Destructive Tomographic Method, IEEE XXX International Scientific Symposium 'Metrology and Metrology Assurance' 2020 (MMA 2020), 7-11 September Sozopol, Bulgaria, (2020), E ISBN:978-1-7281-9719-7 pp. 1-6, doi: 10.1109/MMA49863.2020.9254250.
- [93] Карастоянов Д., Стоименов Н., АБРАЗИВНО ТЯЛО, Полезен модел на Република България, рег. № 2964 U1/16.07.2018.
- [94] Дашенко А. И., Белоусов А. П. Проектирование автоматических линий. Учебник. Высшая школа, М., 1983,
- [95] „Проектирование металлорежущих станков и автоматический линий“, под ред. А.С. Проникова, М. Изд-во МГТУ или Н. Баумана, 2000
- [96] Шаумян Г.А. „Комплексная автоматизация производственных процессов“, М. Машиностроение, 1973 г.
- [97] Технология машиностроения, Под ред. А. М. Дальского, М. Машиностроения, 1997 г.
- [98] „Автоматизация на дискретного производства“, Под общей редакцией проф. Е. И. Семеонова и проф. Л. И. Волкевича, М. „Машиностроение“, 1983, с. Техника, 1991, А 274010000-228
- [99] Агрегатни машини, под общата редакция на ст.н.с Валентин Д. Грозданов, ДИ „Техника“, София 1984
- [100] Dimitrov S., Dimitrov L., Dimitrova R., Nikolov S., EXAMINATION OF THE PROCESS OF AUTOMATED CLOSURE OF CONTAINERS WITH SCREW CAPS, International Conference on Information Technologies ICIT-2019: Information and Communication Technologies for Industry and Research, 7-8.02.2019, Saratov, Russia, © Springer Nature Switzerland AG, ICIT 2019, SSDC 199, pp. (502–514), 2019.