

РЕЗЮМЕ

Равностойни публикации в специализирани научни издания еквивалентни на монографичен труд (B4)

Гл.ас. д-р инж. Валентин Петров Ценев

участие в конкурс за академична длъжност доцент в Технически университет
София обявен в държавен вестник бр. 93 от 26-11-2019 г.

*Обединяваща тема и резюме на съдържанието съгласно указания по
изпълнение на минималните изисквания утвърдени на 13.06.2019 г.*

<http://konkursi-as.tu-sofia.bg/rabotnidoc/Минимални изисквания-13 VI 2019.pdf>

Изискване 10 публикации, от които 3 самостоятелни

Представени 10 публикации, от които **4 самостоятелни**

*Тема: „Технология за запояване на обемни и сложни компоненти в
повърхностния монтаж за повишаване на неговата ефективност”*

*с период на изследвания и публикации от 2014 г. до 2019г. (10 индексирани в
Скопус).*

Заб. Авторските публикации са цитирани в текста (списъкът е приложен отделно в личната
папка на кандидата), външните цитирания са в литературната справка след текста.

Електронният монтаж е все по-силно конкурентен и със засилваща се тенденция за повишаване плътността на монтажа, понижаване на консумацията, намаляване на теглото, увеличаване на функционалностите, увеличаване на бързодействието, работа във все по-сложни външни условия с огромна надеждност. Резултат от горното е повсеместното разпространение на мобилни телефони, миниатюрни преносими компютри, плоски телевизори, микро камери, медицинска електроника, автомобилна електроника и сензорни устройства. Това е резултат от развитие на технологиите за монтаж и оптимизиране на разходите. Постига се чрез използване на нови материали, нови конструкции на изводите и контактните площадки, смяна на технологични последователности или обединяване на технологични стъпки.

Състояние по проблема и нерешени задачи.

Технологията на повърхностния монтаж [1, 2, 3] е комплексна технология, включваща въпроси от разработка на конструктивни решения за монтираните елементи и техните изводи, материалите, използвани в процеса на монтаж, оборудването и технологичните режими. Исторически първите стъпки в тази насока са направени през 60-те години на миналия век в специалната електроника [4, 5] с разработката на елементи с плоски изводи за монтиране към повърхността и сферични изводи под чипа. Масовото индустриално използване на тази технология започва през 1980 г. IBM е от първите ползватели за масово производство на компютри. Основните стъпки в технологията на повърхностния монтаж са представени в [6]. Един от ключовите моменти в технологията е доставяне на дозирано точно и повторимо количество припой в малки количества върху контактните площадки. Съществуват два основни метода за нанасяне на спойваща паста – точкови дози [7] и печатни технологии [8, 9]. От гледна точка на производителност от особено значение са разработката на високоскоростни точни работи за разполагане [10, 11] и алгоритми за разпознаване, компенсации и позициониране. Финалният етап на технологичния процес е спояването на елементите към печатната платка [12, 13, 14, 15]. В края на XX век технологията за повърхностен монтаж вече е доминираща в електронното производство. Многогранността и комплексността на проблемите десетилетия след промишленото навлизане на технологията и поставените при усвояването и задачи все повече се увеличават. Въпреки вече 40 годишното съществуване на технологията, в същата се появяват нови решения или се модернизират стари [16, 17].

През целия период на прилагане на повърхностния монтаж неговите елементи продължават да се развиват. Насока в развитието на повърхностния монтаж е технологията на спояване и съпътстващите ефекти при загряване и стопяване на припоя в зависимост от метода на загряване, повърхност, обем и други [18, 19]. Такива нови моменти са използването на безоловните припои и гъвкавите подложки [20], новите елементи с корпус съизмерим с размера на кристала, безизводните матрични корпуси, увеличаването на броя изводи и намаляване на размера им. Все повече увеличаващата се плътност на монтажа и натиска на пазара за повече функционалности при висока надеждност и ниска цена водят до необходимост за съвместяване и обединяване на операции при монтажа, което се осъществява чрез непрекъснато подобрене на материалите и създаване на нови такива, както и прилагане на нови технологии или модифициране на старите. Често използван метод за оптимален редизайн на процеси е DOE (Design of experiments).

При развитието на технологията за повърхностен монтаж непрекъснато се появяват нови елементи, нови материали и нови конструктивни решения, които изискват технологични решения, както за отделните процеси на монтажа, така и за цялата технология.

Цел и задачи на изследванията.

Глобалното производство с навлизане на електрониката във всички области на живота изисква все по-големи обеми продукция при по-ниски цени. Това може да се постигне чрез оптимизиране в посока намаляване на използваните материали [21, 22, 23] и обединение на технологични операции [24, 25]. За тази цел се използват и методи за редизайн с минимални ресурси, какъвто е DOE.

Цел на настоящите изследвания е интегриращата технология за едновременно спояване на елементи в проходни отвори и за повърхностен монтаж (PiP - Pin in Paste), включително с използването на чувствителни елементи, както и подобряване на надеждността чрез намаляване на кухините (voids) в спойките [26, 27, 28, 29].

Основната задача е оптимизиране на технологията PiP по отношение на използваните топологии на отпечатъците в зависимост от конкретната платка и елементи. Навлизането на нови елементи, свързани с оптоелектроника, свръх високи честоти за комуникация, намаляване на хранващите напрежения на елементите поставя задачата за оптимизиране температурните режими за монтаж. Намаляването на размерите и съответните спойки изисква особено внимание към наличието на кухини в тях, което е и третата задача на изследванията.

Теоретична обосновка.

Усъвършенстването на повърхностния монтаж може да се реализира чрез подобряване на отделни негови елементи [8, 9, 18, 19, 29]. Този подход е приложен и в настоящите работи. Същинското подобрене включва промяна в конструкцията на елементите (корпуси, изводи, печатна платка, взаимно разположение) с цел минимизиране на заемана площ/обем и материални разходи. Горното е свързано с подобряване на процесите по монтаж на елементите в частта нанасяне на припой с по-висока точност на позициониране [8, 9], по-висока точност на дозиране [7] , по-нисък относителен разход на време. Аналогично към процеса на разполагане на

елементите изискванията за подобрене включват точност на разполагане, бързодействие, работа с минимални и максимални размери, по-компактно разполагане. При спояването, освен качествено омокряне [22, 23, 29], трябва да се оптимизират процесите на топлинно натоварване на елементите, появата на дефекти в спойките, механичната устойчивост [14].

В насока на нови конструктивни решения с повишена степен на интеграция се появиха методите за запояване на всички елементи (SMD и обемни) чрез технологията за повърхностен монтаж [16, 17, 24, 25]. За решение се използва едновременно запояване на повърхностни и обемни компоненти с различни температурни маси и ограничения. Следователно е възможно търсене на такива решения при електронните устройства, които позволяват да са с еднотипни корпуси. Трябва да бъде решен въпросът за съединяването на контактите, което при повърхностния монтаж се извършва чрез спояване (течна фаза). При свързване на конструкцията с гъвкави платки се превръща в тримерна, но с прилагане на повърхностен монтаж.

При стандартно нанасяне на спойваща паста отпечатъкът е по-малък от мястото за спояване. При невъзможност за нанасяне на необходимото количество спойваща паста, поради наличието на много малки компоненти или запълване на отвори се налага да се използва отпечатък с по-голям размер от мястото за спояване и в този случай при последващото разтопяване се търсят решения за събиране на целия спояващ материал в мястото за запояване, а не разсейването му по платката.

Поради постоянното намаляване на размерите и повишаване на степента на интеграция, а същевременно наложителното използване на обемни конектори, силови компоненти и сензори се налага те да се запояват също чрез технологията за повърхностен монтаж. Така се появи технологията Pin in Paste (PiP), която постоянно се развива [18, 19, 29]. Тя генерира нови идеи, конструкции и материали за нанасяне на спойваща паста и за усъвършенстване на спояването чрез процес reflow.

Изискванията към стопяването и събирането на стопения припой при запояване станаха многообхватни и с много ограничения, което доведе до поява на много нови високотехнологични решения и иновативни материали – Jet printing [7], спояване с използване на температурни екрани, вакуумно и в парна фаза reflow [13, 19], нискотемпературни и неевтектични припои [22].

С развитието на специалната електроника (автомобилна, медицинска, космическа, военна) все повече изискванията са за нула дефекти при производството, което изисква силно развитие на технологии, материали, елементи, автоматизация и управление на качеството. За да се получат реално нула дефекти трябва да се изучават и устойчиво елиминират всички дефекти [30, 31], както и все по-оптимално да се настройват процесите [32].

Резултати от изследването и получени научни, научно-приложни и приложни приноси.

В периода 2014 – 2019 г. на авторът се наложи да внедрява и развива нови технологични решения в промишлени условия. Обект бяха стотици изделия, включващи както обемни елементи, така и за повърхностен монтаж. При ограничения на технологичен, материален ресурс и производствена площ решение трябва да се търси в прилагането на нови технологии, каквато е PiP.

В [Valentin Tsenev, Valentin Videkov, Aleksey Stratev, Mladen Mitov, Anna Bankova, Vasil Atanasov, **“Influence of geometry on the applied solder paste in technology Pin in Paste(PiP)”**, ISSE 2016, May 2016, Pilzen, Czech Republic, p. 160-162. DOI: 10.1109/ISSE.2016.7563180] е изследвано влиянието на различни апертури на шаблоните и тяхната ориентация за формирането на отпечатъци от спойваща паста с определен обем. Това е наложително поради факта, че в една печатна платка може да имаме различен диапазон на контактни площадки и отвори. След анализ на типично използваните апертури и падове на печатни платки е разработена методика за тестване, включваща конструиране на шаблон, печатна платка и технологичен ред.

В резултат на изследването е изяснено влиянието на разположението на апертурата спрямо отвора и посоката на движение на ракела, което не е показано в литературата. Появата на свободна повърхност на шаблона в зоната на отвора води до повишена концентрация на остатъци от паста върху стените на апертурите. Това води до необходимост от по-често почистване на шаблона.

Изследванията са проведени в „УниПОС“ ООД, Плевен, ТУ – София и с подкрепата на „ИВАСТЕХ“ ООД, София.

Един от критичните моменти в съвременния електронен монтаж е съвместното използване на елементи с малка и голяма термична маса, както

и с използването на различни методи за спояване, изискващи отделни технологични цикли. Определен интерес представлява възможността за обединяване на горните проблеми в единен технологичен цикъл, което е направено в [Valentin Tsenev, Valentin Videkov, Aleksei Stratev, Nikolai Georgiev, „**Improved Soldering of Components with Different Thermal Masses by Hybrid Printing of Solder Pastes**“, ISSE 2017, May 2017, Sofia, Bulgaria, p. 98-100 ; DOI: 10.1109/ISSE.2017.8000910]. В работата е разгледан един често срещан случай на едновременно използване на конектори, монтирани в проходни отвори и класически елементи за повърхностен монтаж. Това съчетание е характерно за голяма разлика в топлинните маси и ограничен достъп на топлина във всички точки на запояване. Анализът на температурния профил на загряване предразполага използването на различни спойващи пасти. В изследването е проверена хипотеза за едновременно използване на две спойващи пасти с различна комбинация на елементи и местоположение. Във връзка с това е разработена специална тестова платка и шаблон за реализиране на горната комбинация. Съществен елемент в изследването е разработката на технологичен процес за едновременно нанасяне на две различни спойващи пасти.

Резултатите от експерименталната работа показват, че метод за едновременно нанасяне чрез печат на две и повече спойващи пасти може да осигури едновременно спояване на различни по тип на изводите и метод на монтиране елементи. За доказване на резултата са използвани общо приети методи за разрушаващ и неразрушаващ контрол.

Изследванията са проведени в „УниПОС“ ООД, Плевен, ТУ – София и с подкрепата на „ИВАСТЕХ“ ООД, София и „Интегрейтив Микро-Електроникс България“ ЕООД, Ботевград.

В разгледаните по-горе публикации са представени резултати от изследването на РiР технологията с цел внедряване в реални промишлени условия. Разработени са два специализирани метода за тестване на топологии за апертури и едновременно нанасяне в един процес на две или повече спойващи пасти. Получени са резултати за влиянието на разположението на апертурата над монтажния отвор и посоката на движение на ракела, които не са известни от литературата, както и чрез нова технология за едновременно нанасяне на различни спойващи пасти.

Известно е влиянието на топлинната маса върху скоростта на загряване и достигане на максималната температура за определена продължителност

на спояване. Същевременно редица елементи имат ограничение в максималната температура на загряване и продължителност на въздействие на същата. В [Valentin Videkov, Valentin Tsenev. **“Soldering of sensitive components by screen method and surface mounting”**, ISSE 2019, May 2019, Wroclaw, Poland, Published in: 2019 42nd International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), DOI: 10.1109/ISSE.2019.8810281] тези ефекти са комбинирани в нов метод за спояване на високочувствителни към топлинно въздействие елементи. Развитието на роботите за разполагане на елементи позволява да бъдат разполагани с висока точност и с ниска цена различни такива, което дава възможност за допълнително многоетапно разполагане на елементи. Разгледана е хипотеза за възможността след стандартния процес на разполагане на елементи да бъдат допълнително разполовени с висока прецизност допълнителни топлинни маси върху вече разполовени елементи (не споени).

В резултат на изследванията е показано, че допълнително разположените топлинни маси (топлинни екрани), оформени като елементи за повърхностен монтаж не разместват покритите елементи в процеса на спояване. Същевременно топлинните екрани позволяват както намаляване на максималната температура на загряване, така също и промяна на времевия профил (забавяне на загряването). Представена е възможност за прецизно настройване на топлинната маса на екраните чрез добавяне на допълнително вещество в екрана.

Изследванията са проведени в „УниПОС“ ООД, Плевен и ТУ – София.

Разработеният нов метод за спояване с топлинни екрани позволява в един производствен цикъл да бъдат споени различни по термична чувствителност елементи. Топлинните екрани могат да бъдат с различна форма и топлинна маса и позволяват автоматизирано разполагане със стандартни машини.

Прилагането на специфични технологични процеси, свързани със спояване на различни елементи и използване на различни пасти, включително във вариантите, посочени по-горе, изисква много добро познаване процеса на разтопяване на пастата и времевия характер на процеса. В [V. Tsenev, V. Videkov. **“Experimental Study of the Melting of a Solder Paste”**. IEEE XXVI International Scientific Conference “ELECTRONICS ET 2017”, IEEE Conference Record #41615, September 2017, Cozopol, Bulgaria, DOI: 10.1109/ET.2017.8124397] са разгледани температурно-времените профили на различни конкретни спойващи пасти. При спояването на елементите за повърхностен монтаж за избягване на нежелани ефекти, като например ефекта на „надгробния камък“ (tombstone), се изисква много добро синхронизиране на началния етап на стопяване и втвърдяване на пастата. В тази връзка са и проведените изследвания в разглежданата публикация.

Представени са характеристиките при разтопяване на оловни и безоловни пасти, нискотемпературни и високотемпературни такива.

Изследванията са проведени в ТУ – София.

В случаите на едновременно използване на различни спойващи пасти в рамките на едно изделие, като например разгледаните по-горе нови методи, отново възниква въпросът за момента на разтопяване и втвърдяване на припоя. Това приложение типично е свързано с прилагането на един времеви температурен профил за двете пасти. В [Valentin Videkov, Valentin Tsenev, Aleksei Stratev, **“Examining the Times for Melting of Different Solder Pastes at the Same Temperature Profile”**, ISSE 2018, May 2018, Zlatibor, Serbia, DOI: 10.1109/ISSE.2018.8443662] са направени изследвания за времената за стопяване на различни двойки пасти при въздействието на един температурен профил. Експериментите са извършвани чрез нанасяне на пасти по метода на хибридният печат. Изследвани са високотемпературни и нискотемпературни пасти при използване на различни видове подложки и различни методи на загряване. Даден е и резултат за влиянието на обема паста, дефинирани чрез различни топологии на отпечатъка.

Изследванията са проведени в ТУ – София, с материалната поддръжка на „УниПОС“ ООД, Плевен и „ИВАСТЕХ“ ООД, София.

При разработката на нови технологични процеси съществен момент е тяхната оценка за реализуемост и приложимост. Критерий за приложимост е качеството на резултата от процеса, в случая на спояване това е качество на спойката. В [Valentin Tsenev. **“Methodology for analysis of defects in electronic assembly using Xray”**, IEEE XXVII International Scientific Conference “ELECTRONICS ET 2018”, September 2018, Cozopol, Bulgaria, DOI: 10.1109/ET.2018.854963] е предложена и реализирана методология за оценка на спойки. В конкретния случай това е извършено за ново изделие, реализирано чрез използване на различни спойващи пасти. Чрез предложената методика е направен оптимален избор на паста, удовлетворяваща изискването за максимална здравина на спойката на база минимизиране на кухините в спойката.

Познаването на процеса на разтопяване на спойващите пасти, особено началото и края при използването на единен температурен профил, позволява реализиране на комплексно спояване на елементи с различна термо чувствителност и топлинна маса, чрез прилагане на хибриден печат и екранно спояване. Оценката за приложимостта на конкретното решение се извършва чрез подходяща методология при избран критерий.

Постигането на минимална цена за производството на изделие е свързано с оптималното функциониране на цялата използвана технология в една индустриална единица. Това предполага многостранно използване на

едни и същи материали в различните приложения, облекчаващо логистиката им, а също така възможността за високопроизводителен ремонт, когато е допустимо. В духа на горе изложеното интерес представлява използването на един тип припой в различни процеси. В [Valentin Tsenev. **“Exploration of the Possibilities of Low Temperature Soldering Alloy LMPA at Selective Wave Soldering (SWS)”**, ISSE 2018, May 2018, Zlatibor, Serbia, DOI: 10.1109/ISSE.2018.8443650], чрез приложение на нискотемпературен припой върху конкретни клиентски продукти, са изследвани предимствата му при използването за селективно вълново запояване в сравнение със стандартно използваните такива. Използвани са сложни конструктивни решения, чието производство с описаният метод на запояване е невъзможен със стандартно използваните припои. Същият припой със съответните си температурни параметри е основа и за спойващи пасты, използвани в разгледаните в началото нови методи за спояване.

Технологичните изследвания са проведени в „УниПОС“ ООД, Плевен, във връзка с производство на изделия за фирмите УниПОС ООД (Плевен), АПС Манюфекчъринг ООД (Ботевград), Индустриален софтуер АД (София), АТМ Електроникс ООД (София) и ИМПЕРЕКС ЕООД (САЩ), DELTA IMPACT (Англия).

В практиката се случва в хода на изработка на големи серии с продължителен производствен цикъл да бъде извършена конструктивна промяна или да се променят поръчките на клиента. В такъв случай се налага подмяна или добавяне на елементи към незавършено производство с вече монтирани елементи чрез съответен процес на спояване. Промяната в изделията е необходимо да бъде извършена евтино и сигурно. В [Valentin Tsenev, **“Post reflow repair technology with automatic SMD assembly for big volume of products ”**, X National Conference with International Participation **"Electronica 2019"**, May 16 - 17, 2019, Sofia, Bulgaria, Published in: 2019 X National Conference with International Participation (ELECTRONICA), DOI: 10.1109/ELECTRONICA.2019.8825624] е реализирана нова технология за автоматичен ремонт чрез допълнително запояване на нови елементи. Същественото в нея е автоматичното нанасяне на подходящ флюс, задържащ монтираните на следващ етап компоненти и създадения за целта оптимален температурен профил за запояването им. Анализирана е разликата в ефективността при ръчен и автоматичен ремонт.

Технологичните изследвания са проведени в „УниПОС“ ООД, Плевен, във връзка с производство на изделия за УниПОС ООД (Плевен).

При съвременните изделия, особено при наличие на подвижни елементи или необходимост от тримерен монтаж се използват твърдогъвкави платки (Star Flex PCB). Специфичен момент може да бъде използването на различни термо чувствителни елементи в различните части

на платката, които изискват много добра механична устойчивост. В [Valentin Tsenev, **“Sustainable and secure soldering of complex components with package BGA, LGA, Flip Chip, FI WLCSP, FO WLCSP to Star Flex PCB using hybrid printing”**, ISSE 2019, May 2019, Wroclaw, Poland, Published in: 2019 42nd International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), DOI: 10.1109/ISSE.2019.8810279] е реализиран хибриден печат на нискотемпературна спойваща паста за запояване на термо чувствителните и сложни елементи и високотемпературна – за стандартните такива. Целта е да се постигне запояване на сложните елементи с ниско ниво на кухини при къс във времето температурен процес. Анализирани са резултатите от спояване на тези изделия при използване на хибриден печат и стандартен такъв.

Изследванията са проведени в „УниПОС“ ООД, Плевен, във връзка с производство на изделия за фирма ИМПЕРЕКС ООД (САЩ).

При производството на електронни изделия, включващи високочувствителни сензори, особено с биологично приложение, е необходимо да се отчете устойчивостта на използваните материали в процеса на спояване, както и влияние на използваните припои в процеса на експлоатация. Един такъв случай е даден в [Yuriy Tsenkov, V. Tsenev, **„Continuous Analysis of Free-roaming Animals Behavior with Ear-tag Device“**, ISSE 2017, May 2017, Sofia, Bulgaria, p. 280-282 ; DOI: 10.1109/ISSE.2017.8000993]. Чрез използване на технологията за повърхностен монтаж и разгледаните до тук нови технологии и методи е реализирано успешно иновативно електронно изделие, което се монтира в ухото на свободно отглеждани крави и предава в реално време техни биометрични данни. Това изделие е необходимо да работи надеждно при различни въздействия на вътрешната и външна среда, като това се постига с надежден монтаж.

Реализацията е осъществена във фирма „Електронинвест“ ООД (София).

Изследвани са различни припои и спойващи пасты за прилагането им чрез селективна спойка вълна и конвекционно спояване, които съчетани с метода за хибриден печат позволяват реализиране на сложни изделия и високо ефективен метод за ремонт.

ПРИНОСИ:

В представените трудове са показани изследвания свързани с конструктивни и технологични решения в технологията на повърхностния монтаж, обхващащи различни етапи от неговото развитие, в период от 5 години от работата на автора в “Колеж по енергетика и електроника” и в сътрудничество с катедра „Микроелектроника“ и различни фирми. В трудовете са извършени изследвания потвърждаващи съществуващи

технологични решения и експериментално доказващи нови хипотези и решения. Приносите можем да обобщим като научни, научно-приложни и приложни:

Научни

- Изследване и разработка на нова технологична схема за хибриден печат, позволяващ безоловно запояване на сложни SMD и обемни компоненти в един технологичен процес – повърхностен монтаж. Разработката е резултат на творческо оптимизирано прилагане на решения от монтаж в проходни отвори и монтаж на елементи за повърхностен монтаж;
- Изследване и разработка на нова технологична схема за монтаж с използване на екрани, позволяващи запояване на компоненти с различна температурна маса в един процес за повърхностен монтаж. Допълнително е разработена и изследвана възможност за промяна на температурната маса на екрани с еднаква геометрия.

Научно-приложни

- Изследвана е оптимална геометрия на over printing на спойваща паста при различни случаи на прилагането и с цел оптимален дизайн на апертури на стенсили;
- Изследвани са времената за стопяване на паста за спойване с цел оптимизиране на температурни профили за reflow спояване;
- Изследвани са приложни характеристики на нови нискотемпературни неевтектични припои с цел оптималното им използване в процеси за повърхностно и вълново запояване;
- Изследван и валидиран е автоматичен процес за ремонт на изделия със запоеани компоненти за големи обеми;
- Изследван и предложен е метод за контрол на монтирани изделия с използване на Xray.

Приложни:

- Изяснено е влиянието на разположението на апертурата на стенсила спрямо отвора на платката и посоката на движение на ракела при принтиране на спойващата паста, с което е оптимизирано количеството нанесена паста при PiP за спояване на обемни компоненти с технологията за повърхностен монтаж;
- Разработени и внедрени са технологии или работни центрове за:
 - * автоматичен монтаж на много сложни Star Flex PCB с микро размери на изводите на компоненти (157 микрона) и микро разстояние между изводите (350 микрона);
 - * запояване на свръх високочестотни антени със сребърно крайно покритие, микро размери на спойката (300 микрона) и голяма площ (1 m X 0,5 m);

* бързо селективно вълново запояване с изнесен център на вълната спрямо извода на компонента за много малки размери на пада (0,6 mm).

Резултатите от изследванията и разработките са използвани в дейността на редица български и международни фирми като фирмите УниПОС ООД (Плевен), ОКТО 7 ООД (Ботевград), АК Пластроник АД (Велико Търново), АПС Манюфекчъринг ООД (Ботевград), Индустриален софтуер АД (София), АТМ Електроникс ООД (София), ИМПЕРЕКС ЕООД (САЩ), ELINCHROM Ltd (Швейцария), DELTA IMPACT (Англия) и GILAT (Израел).

Използвана литература:

1. Robert J. Rowland , Paul Belangia, Applied Surface Mount Assembly: A guide to surface mount materials and processes (Electrical Engineering), Springer, ISBN-10: 0442007272, 1993
2. Ray P. Prasad, Surface Mount Technology - Principles and practice, Second Edition, 2nd ed. Chapman&Hall, ISBN 0-412-12921-3, 1997, 775 p.
3. Strauss, Rudolf , SMT Soldering Handbook, Newnes, 1998, ISBN 0 7506 1862 0
4. <https://riversideelectronics.com/2019/06/12/history-benefits-smt-equipment-electronics-manufacturing/> - отворен 06.2018
5. Eric Bogatin, Roadmaps of Packaging Technology, ISBN: 1-877750-61-1 © 1997, Integrated Circuit Engineering Corporation
6. The SMT step by step collection 2006, PennWell Co. ISBN-10 1-59370-087-3, 2006
7. <https://www.mycronic.com/en/products/surface-mount-technologies/JetPrinter-JetDispenser/> - отворен 10.2018
8. R.W. Kay, E. deGourcuff, I. Roney, N. J. Gorman, Stencil printing technology for fine pitch deposition of Pb-free flip chip interconnects, [http://www.microstencil.co.uk/Papers/Stencil Printing technology for fine pitch deposition of Pb-free flip chip interconnects.pdf](http://www.microstencil.co.uk/Papers/Stencil%20Printing%20technology%20for%20fine%20pitch%20deposition%20of%20Pb-free%20flip%20chip%20interconnects.pdf) - отворен 11.2016
9. Oliver Krammer, László Jakab, Balazs Illes, David Bušek, Ivana Beshajová Pelikánová, (2018) "Investigating the attack angle of squeegees with different geometries", Soldering & Surface Mount Technology, Vol. 30 Issue: 2, pp.112-117

10. <https://global.yamaha-motor.com/business/smt/mounter/g5s2/> - отворен 04.2018
11. <https://www.fuji-euro.de/en/products/bestueckungsmaschinen/nxt-series/> - отворен 02.2019
12. Atsushi Kikuchi, The Greening of the Reflow Process, Through Partnership, Heller and Sony, 2001.
13. Repeatability of the Temperature Profile, Heller Industries, 2000.
14. Jianbiao Pan, Brian J. Toleno, Tzu-Chien Chou, Wesley J. Dee, Effect of Reflow Profile on SnPb and SnAgCu Solder Joint Shear Force, 2010
15. Amjad Esfahani, Implementation and Solder Reflow Guidelines for Pb-Free Packages, XAPP427 (v2.7) December 20, 2017
16. Bob Willis, "PIHR technology", BR Publishing Inc., 2012
17. Phil Zarrow, Reflow Soldering of Through-hole Components, ITM, Inc., 2009
18. Tsung-Nan Tsai, Optimizing Reflow Thermal Profiling Using a Grey-Taguchi Method, Journal of Quality Vol. 22, No. 5 (2015.) 365
19. Lungen S, Klemm A, Wohlrabe H, Evaluation of the quality of SMDs according to vacuum vapour phase soldering, 38th IEEE ISSE, (2015.) pp. 218 – 222
20. Bob Willis, Assembly of Flexible Circuits with Lead-Free Solder Alloy, <http://www.smartgroup.org/wp-content/uploads/2013/04/web14Aug2012.pdf> - отворен 11.2016 г.
21. H. Wohlrabe and G. Reichelt, "R1 – A reliability comparison study between 14 lead free alloys", 15th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC 2013), Singapore, 2013, 292-297
22. A novel approach towards void reduction, Interflux® Electronics NV – Technical Department, 2017
23. Mehran Maalekian, Ph.D., Yuan Xu, Karl Seelig, "Effect of Bi content on properties of low silver SAC solders", Proceedings of SMTA International, Sep. 27 - Oct. 1, 2015, Rosemont, IL, 191-198
24. Tim Jensen, Ronald C. Lasky, Ph.D. Practical Tips in Implementing the "Pin in Paste" Process. Indium corporation of USA, Utica, NY. 2010

25. Oliver Krammer, Bertalan Varga, Karel Dušek, (2017) "New method for determining correction factors for pin-in-paste solder volumes", Soldering & Surface Mount Technology, Vol. 29 Issue: 1, pp.2-9
26. D. J. Xie, Y. C. Chan, J. K. L. Lai, "An Experimental Approach to Pore-Free Soldering", IEEE Transactions On Components, Packaging, and Manufacturing technology-Part B, Vol. 19, No. 1, February 1996
27. Synkiewicz B K, Skwarek A and Witek K, Voids investigation in solder joints performed with vapour phase soldering (VPS), Solder. Surf. Mt. Tech., (2014.) Vol. 26 No. 1 pp. 8–11
28. Raiyo Aspandiar, "Voids in solder joints", SMTA, March 20, 2018
29. E. Jafar-Salehi, M. Eslamian, M.Z. Saghir, "Effect of thermodiffusion on the fluid flow, heat transfer, and solidification of molten metal alloys", Engineering Science and Technology, an International Journal 19 (2016) 511–517
30. Peter Biocca, „Lead-Free SMT Soldering Defects How To Prevent Them“, Lead-free Electronics, 2004 Edition, Sanka Ganesan; Michael Pecht, Calce Press
31. Kurt Rajewski, „SMT Process Recommendations Defect Minimization Methods for a No-Clean SMT Process“, Kester company, 2018
32. Yu-Fang Chiu, Ying-Ling Tsai, Weng-Sing Hwang, „Mathematical modeling for the solidification heat-transfer phenomena during the reflow process of lead–tin alloy solder joint in electronics packaging“, Applied Mathematical Modelling 27 (2003) 565–579

Подпис:

/гл. ас. д-р инж. Валентин Цанев/

София, 16.01.2020 г.

RESUME related to B4.

"Habilitation work – scientific publications (not less than 10) in issues that are referenced and indexed in world scientific data bases"
of Valentin Tsenev

participation in a competition for an academic position Associate Professor at the Technical University of Sofia announced in the State newspaper no. 93 of 26-11-2019

Consolidating topic and summary of content according to the guidelines for meeting the minimum requirements approved on 13.06.2019.

Requires 10 publications, 3 of which are separate
10 publications were submitted, 4 of which were separate

Topic: "Technology for soldering of bulk and complex components by surface mounting to increase its efficiency"

with a period of research and publications from 2014 to 2019. (10 indexed in Scopus).

Electronic mounting is increasingly competitive and with an increasing tendency to increase mounting density, reduce consumption, reduce weight, increase functionality, increase speed, operate in increasingly complex outdoor environments with tremendous reliability. The result is the ubiquity of mobile phones, miniature laptops, flat-screen TVs, micro cameras, medical electronics, automotive electronics and sensor devices. This is the result of the development of technology for installation and cost optimization. This is achieved through the use of new materials, new terminals and pads, replacement of technological sequences or merging of technological steps.

Problem status and unsolved tasks.

Surface mounting technology [1, 2, 3] is a complex technology involving issues from the development of structural solutions for the assembled elements and their terminals, materials used in the assembly process, equipment and technological modes. Historically, the first steps in this direction were made in the

1960s in specialty electronics [4, 5] with the development of elements with flat pins for surface mounting and spherical pins under the chip. Massive industrial use of this technology began in 1980. IBM was the first user in the mass production of computers. The main steps in surface mounting technology are presented in [6]. One of the key points in technology is the delivery of a metered, accurate and repeatable amount of solder in small quantities to the pads. There are two main methods for applying soldering paste - spot doses [7] and printing technologies [8, 9]. In terms of performance, the development of high-speed precision deployment robots [10, 11] and recognition, compensation and positioning algorithms are of particular importance. The final stage of the technological process is the soldering of the elements to the printed circuit board [12, 13, 14, 15]. At the end of the twentieth century, surface mount technology was already dominant in electronic manufacturing. The versatility and complexity of the problem decades after the industrial entry of technology and assignment tasks are increasing. Despite the technology's 40-year existence, new solutions are emerging or old ones are being updated [16, 17].

Throughout the period of surface mounting, its components continue to evolve. A direction in the development of surface mounting is the technology of soldering and the accompanying effects of heating and melting the solder depending on the method of heating, surface, volume and others [18, 19]. Such new developments are the use of lead-free solders and flexible PCBs [20], new housing elements commensurate with the size of the crystal, anhydrous matrix housings, increasing the number of pins and reducing their size. The increasing installation density and the pressure on the market for more functionality at high reliability and low cost make it necessary to combine and integrate assembly operations, which is accomplished by continually improving materials and creating new ones, and implementing new technologies or modification of old ones. A commonly used method for optimal process redesign is DOE (Design of experiments).

With the development of surface-mounted technology, new elements, new materials and new structural solutions are constantly emerging that require technological solutions, both for individual assembly processes and for the whole technology.

Goal and tasks of the research.

Global production with the advent of electronics in all walks of life requires increasing volumes of production at lower prices. This can be achieved by optimizing the reduction of materials used [21, 22, 23] and combining technological operations [24, 25]. To this end, redesign methods with minimal resources such as DOE are also used.

The goal of the present research is to integrate the technology for simultaneous soldering of elements in holes and for surface mounting (PiP - Pin in Paste), including the use of sensitive elements, as well as improving the reliability by reducing voids in solders [26 , 27, 28, 29].

The main task is to optimize PiP technology with regard to the print topologies used, depending on the particular board and elements. The introduction of new elements related to optoelectronics, ultra high communication frequencies, reducing the supply voltages of the elements sets the task of optimizing the mounting modes. Reducing the size and corresponding joints requires special attention to the presence of voids in them, which is the third task of the research.

Theoretical justification.

Improvement of surface mounting can be achieved by improving individual components [8, 9, 18, 19, 29]. This approach is also applied in the present work. The real improvement involves a change in the design of the elements (enclosures, terminals, circuit board, mutual arrangement) in order to minimize occupied space / volume and material costs. The above is related to the improvement of the assembly processes of the elements in the part of soldering with higher positioning accuracy [8, 9], higher dosing accuracy [7], lower relative time consumption. Similarly to the process of element placement, the requirements for improvement include precision placement, speed, minimum and maximum dimensions, more compact placement. In addition to high-quality wetting [22, 23, 29], the soldering processes of the elements, the occurrence of defects in the joints, the mechanical resistance must be optimized [14].

Soldering methods for all elements (SMD and bulk) using surface mount technology [16, 17, 24, 25] have emerged in the direction of new structural solutions with increased integration. As a solution, both surface and volume components with different temperature masses and constraints are used at the same time. It is therefore possible to look for such solutions in electronic devices that allow them to be of the same type. The connection of the contacts, which in the surface mounting is done by soldering (liquid phase), has to be solved. When connecting the structure to flexible boards, it becomes three-dimensional, but with the application of surface mounting.

With standard soldering paste, the print is smaller than the soldering spot. If it is impossible to apply the required amount of soldering paste due to the presence of very small components or filling the holes, it is necessary to use a print larger than the soldering spot, in which case subsequent melting will seek solutions for collecting the entire soldering paste. material in the soldering place, not its scattering on the board.

Due to the constant reduction in size and the increase in the degree of integration, while the imperative use of volume connectors, power components and sensors, they have to be soldered also by surface mounting technology. This is how the Pin in Paste (PiP) technology has evolved [18, 19, 29]. It generates new ideas, designs and soldering materials and perfecting the soldering process by reflow.

The requirements for the melting and the collection of molten solder during soldering have become multi-faceted and with many restrictions, leading to the emergence of many new high-tech solutions and innovative materials - Jet printing [7], soldering using temperature screens, vacuum and steam reflow [13, 19], low temperature and non-eutectic solders [22].

With the development of specialty electronics (automotive, medical, aerospace, military), more and more zero defects in production are required, which requires a strong development of technology, materials, elements, automation and quality management. In order to obtain zero defects, all defects must be studied and permanently eliminated [30, 31], and the processes should be optimally tuned [32].

Research results and scientific, applied and applied contributions received.

In the period 2014 - 2019, the author had to implement and develop new technological solutions in industrial conditions. Hundreds of products were included, including both bulk elements and surface mounting. Given the limitations of technological, material resources and production space, a solution must be sought in the implementation of new technologies such as PiP.

In [Valentin Tsenev, Valentin Videkov, Aleksey Stratev, Mladen Mitov, Anna Bankova, Vasil Atanasov, “**Influence of geometry on applied solder paste in technology Pin in Paste (PiP)**”, ISSE 2016, May 2016, Pilzen, Czech Republic, p. 160-162. DOI: 10.1109 / ISSE.2016.7563180] studied the influence of different apertures of the patterns and their orientation on the formation of

prints of soldering paste with a certain volume. This is imperative due to the fact that we may have a different range of pads and holes in one PCB. After analyzing the typically used apertures and PCB, a testing methodology was developed that included designing a stencil, PCB, and process chart.

As a result of the study, the influence of the aperture location relative to the aperture and the direction of movement of the squeegee, which has not been shown in the literature, was clarified. The appearance of a free surface of the template in the opening zone leads to an increased concentration of paste residues on the walls of the apertures. This results in more frequent cleaning of the stencil.

The studies were conducted at UniPOS Ltd., Pleven, TU - Sofia, and with the support of "IVESTECH" Ltd., Sofia.

One of the critical points in modern electronic assembly is the sharing of small and large thermal mass elements, as well as the use of different soldering methods requiring separate technological cycles. Of particular interest is the ability to integrate the above problems into a single technological cycle, which was done in [Valentin Tsenev, Valentin Videkov, Aleksei Stratev, Nikolai Georgiev, **“Improved Soldering of Components with Different Thermal Masses by Hybrid Printing of Solder Pastes”**, ISSE 2017, May 2017, Sofia, Bulgaria, p. 98-100; DOI: 10.1109 / ISSE.2017.8000910]. The paper deals with a common case of simultaneous use of connectors mounted in apertures and classic surface mounting elements. This combination is characterized by a large difference in heat masses and limited heat access at all soldering points. The analysis of the temperature profile of heating predisposes the use of different soldering pastes. The study tested the hypothesis for the simultaneous use of two soldering pastes with different combinations of elements and location. In connection with this, a special test board and a template have been developed to realize the above combination. An essential element in the study is the development of a technological process for the simultaneous application of two different soldering pastes.

The results of the experimental work show that a method for simultaneously applying two or more soldering pastes by printing can provide simultaneous soldering of different types of terminals and a method of mounting elements. Common methods of destructive and non-destructive testing have been used to prove the result.

The investigations were conducted at UniPOS Ltd., Pleven, TU - Sofia and with the support of "Ivastech" Ltd., Sofia and "Integreitid Micro-Electronics Bulgaria" Ltd., Botevgrad.

The publications discussed above present the results of a study of PiP technology for real-world deployment. Two specialized methods have been developed for testing topologies for apertures and simultaneously applying two or more soldering pastes in one process. Results have been obtained for the influence of the aperture position over the mounting aperture and the direction of movement of the squeegee, which are not known in the literature, as well as by new technology for the simultaneous application of different soldering pastes.

The effect of heat mass on the rate of heating and the maximum temperature for a certain duration of soldering is known. At the same time, a number of elements have a limit on the maximum heating temperature and the duration of exposure. In [Valentin Videkov, Valentin Tsenev. **"Soldering of Sensitive Components by Screen Method and Surface Mounting"**, ISSE 2019, May 2019, Wroclaw, Poland, Published in: 2019 42nd International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), DOI: 10.1109 / ISSE.2019.8810281] these effects are combined in a new method of soldering highly heat-sensitive elements. The development of element placement robots allows for high precision and low cost different positioning robots, which allows for additional multi-stage element placement. The hypothesis of the possibility, after the standard element placement process, of further refinement of additional heat masses on already disposed elements (not soldered) is further studied with high precision.

As a result of the studies it has been shown that the additionally located heat masses (heat shields) formed as surface mounting elements do not displace the covered elements in the soldering process. At the same time, the heat screens allow both a reduction in the maximum heating temperature and a change in the time profile (delay in heating). There is an opportunity to fine-tune the thermal mass of the screens by adding extra substance to the screen.

The research was conducted at UniPOS Ltd., Pleven and TU - Sofia.

The new method of soldering with heat shields allows different elements of thermal sensitivity to be soldered in one production cycle. The heat shields can be of different shapes and thermal masses and allow the automatic placement of standard machines.

The application of specific technological processes related to the soldering of different elements and the use of different pastes, including the variants mentioned above, requires a very good knowledge of the process of melting the paste and the temporal nature of the process. In [V. Tsenev, V. Videkov. **"Experimental Study of the Melting of a Solder Paste"** The IEEE XXVI

International Scientific Conference “ELECTRONICS ET 2017”, IEEE Conference Record # 41615, September 2017, Cozopol, Bulgaria, DOI: 10.1109 / ET.2017.8124397] examined the temperature-time profiles of various specific soldering pastes. Soldering the surface mounting elements to avoid side effects, such as the tombstone effect, requires a very good synchronization of the initial melting and curing phase of the paste. In this connection, the studies carried out in this publication are also carried out. The characteristics of melting of lead and unleaded pastes, low temperature and high temperature, are presented.

The studies were conducted at the Technical University - Sofia.

In the case of the simultaneous use of different soldering pastes within a single product, such as the new methods discussed above, the question arises again of the moment of melting and hardening of the solder. This application is typically associated with the application of a single temperature profile for both pastes. In [Valentin Videkov, Valentin Tsenev, Aleksei Stratev, “**Examining the Times for Melting of Different Solder Pastes at the Same Temperature Profile**”, ISSE 2018, May 2018, Zlatibor, Serbia, DOI: 10.1109 / ISSE.2018.8443662] time studies have been done for different pairs of pastes to melt when exposed to one temperature profile. The experiments were performed by applying a paste using the hybrid printing method. High-temperature and low-temperature pastes have been investigated using different types of pads and different heating methods. The effect of the volume of paste, defined by different footprint topologies, is also given.

The investigations were conducted at the Technical University - Sofia, with the material support of UniPOS Ltd., Pleven and Ivastech Ltd., Sofia.

In developing new technological processes, their assessment of feasibility is essential. The criterion of applicability is the quality of the result of the process, in the case of soldering it is the quality of the solder. In [Valentin Tsenev. “**Methodology for the Analysis of Defects in Electronic Assembly Using Xray**”, IEEE XXVII International Scientific Conference “ELECTRONICS ET 2018”, September 2018, Cozopol, Bulgaria, DOI: 10.1109 / ET.2018.854963] has been proposed and implemented a methodology for the evaluation of solders. In this case, this was done for a new product made using different soldering pastes. The proposed method makes an optimal choice of paste satisfying the requirement for maximum solder strength based on minimizing the voids in the solder.

The research was conducted at UniPOS Ltd., Pleven.

Knowledge of the process of melting of soldering pastes, especially the beginning and end of the use of a single temperature profile, allows the realization of complex soldering of elements with different thermal sensitivity and thermal mass, through the application of hybrid printing and screen soldering. The

assessment of the feasibility of a particular decision shall be made using an appropriate methodology, using a selected criterion.

Achieving a minimum cost for manufacturing a product is related to the optimal functioning of all the technology used in one industrial unit. This involves the multifaceted use of the same materials in different applications, facilitating their logistics, as well as the possibility of high-performance repairs where feasible. In the spirit of the foregoing, it is of interest to use one type of solder in different processes. In [Valentin Tsenev, **“Exploration of the Possibilities of Low Temperature Soldering Alloy LMPA at Selective Wave Soldering (SWS)”**, ISSE 2018, May 2018, Zlatibor, Serbia, DOI: 10.1109 / ISSE.2018.8443650] by examining the benefits of low temperature solder on specific client products when used for selective wave soldering compared to standard ones. Complex design solutions are used, the production of which with the described soldering method is impossible with standard solders. The same solder with its corresponding temperature parameters is the basis for soldering pastes used in the new soldering methods discussed at the beginning.

The technological researches were carried out at UniPOS Ltd., Pleven, in connection with the production of products for the companies UniPOS Ltd. (Pleven), APS Manufacturing Ltd. (Botevgrad), Industrial Software AD (Sofia), ATM Electronics Ltd. (Sofia), IMPEREX Ltd. (USA), DELTA IMPACT (Great Britain).

In practice, in the course of manufacturing large series with a long production cycle, a structural change is made or customer orders are altered. In this case, it is necessary to replace or add elements to the work in progress with already installed elements through an appropriate soldering process. Changes to products need to be made cheaply and safely. In [Valentin Tsenev, **“Post reflow repair technology with automatic SMD assembly for large volume of products”**, X National Conference with International Participation "Electronica 2019", May 16 - 17, 2019, Sofia, Bulgaria, Published in: 2019 X National Conference with International Participation (ELECTRONICA), DOI: 10.1109 / ELECTRONICA.2019.8825624] a new technology is applied for automatic repair by the additional soldering of new elements. The essential part here is the automatic application of a suitable flux, which retains the components that are installed in the next stage and the optimal temperature profile for the soldering. The difference in the efficiency of manual and automatic repair is analyzed.

The technological researches were carried out at UniPOS Ltd., Pleven, in connection with the production of products for UniPOS Ltd. (Pleven).

In modern products, especially in the presence of movable elements or the need for three-dimensional installation, rigid-flexible boards (Star Flex PCB) are used. A specific point may be the use of different thermosensitive elements in

different parts of the circuit board, which require very good mechanical resistance. In [Valentin Tsenev, “**Sustainable and secure soldering of complex components with package BGA, LGA, Flip Chip, FI WLCSP, FO WLCSP to Star Flex PCB using hybrid printing**”, ISSE 2019, May 2019, Wroclaw, Poland, Published in: 2019 42nd International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), DOI: 10.1109 / ISSE.2019.8810279] a hybrid printing of low-temperature soldering paste is applied for soldering of heat-sensitive and complex elements and high-temperature for standard ones. The aim is to achieve the soldering of complex elements with a low level of voids in a short time temperature process. The results of soldering these products using hybrid printing and standard printing are analyzed.

The studies were conducted at UniPOS Ltd., Pleven, in connection with the manufacture of products for the company IMPEREX Ltd. (USA).

In the manufacture of electronic products incorporating highly sensitive sensors, especially for biological applications, it is necessary to take into account the stability of the materials used in the soldering process, as well as the influence of the solders used during the operation. One such case is given in [Yuriy Tsenkov, V. Tsenev, “**Continuous Analysis of Free-Roaming Animals Behavior with Ear-tag Device**”, ISSE 2017, May 2017, Sofia, Bulgaria, p. 280-282; DOI: 10.1109 / ISSE.2017.8000993]. Through the use of surface mount technology and the new technologies and methods discussed so far, a successful innovative electronic product has been implemented that is mounted in the ear of free-range cows and transmits their biometric data in real time. This product is required to work reliably under various environmental and external influences, with reliable installation.

The realization was carried out at the company "Electroninvest" Ltd. (Sofia).

Various solders and soldering pastes have been investigated for their application by selective wave soldering and convection soldering, which combined with the hybrid printing method allow for complex products and a highly efficient repair method.

CONTRIBUTIONS:

The presented works show studies related to structural and technological solutions in surface mounting technology, covering different stages of its development, over a period of 5 years from the author's work at the College of Energy and Electronics and in cooperation with the Department of Microelectronics. and various companies. The works carried out studies confirming existing technological solutions and experimentally proving new hypotheses and solutions. We can summarize the contributions as scientific, applied and applied:

Scientific:

- Research and development of a new technological scheme for hybrid printing, allowing lead-free soldering of complex SMDs and bulk components in one technological process - surface mounting. The development is the result of creatively optimized application of solutions from mounting in holes and surface mounting elements;
- Research and development of a new technological scheme for assembly using screens that allow the soldering of components with different temperature mass in one surface assembly process. The possibility of changing the temperature mass of screens with the same geometry was further developed and investigated.

Scientific and applied:

- Optimal geometry of over printing of solder paste in different application cases and for optimal design of apertures of stencils has been investigated;
- Melting times for soldering pastes were investigated to optimize temperature profiles for reflow soldering;
- Applied characteristics of new low-temperature non-eutectic solders are investigated for optimal use in surface and wave soldering processes;
- An automatic process for repairing high-volume soldered components is investigated and validated;
- A method for controlling mounted products using Xray has been researched and proposed.

Applied:

- The influence of the arrangement of the aperture of the stencil relative to the hole of the board and the direction of movement of the squeegee when printing the soldering paste is clarified, which optimizes the amount of the applied paste in PiP for soldering bulk components with surface mount technology;
- Technology or work centers have been developed and implemented for:
 - * automatic assembly of very sophisticated Star Flex PCBs with micro size of component terminals (157 microns) and micro spacing between terminals (350 microns);
 - * soldering of ultra high frequency antennas with silver finite coating, micro solder sizes (300 microns) and large area (1 m X 0.5 m);
 - * rapid selective wave soldering with an offset center of the wave relative to the component lead for very small pads (0.6 mm).

The research and development results have been used in the activities of a number of Bulgarian and international companies such as the companies UniPOS Ltd. (Pleven), OKTO 7 Ltd. (Botevgrad), AQ Plastronic (Veliko Turnovo), APS Manufacturing Ltd. (Botevgrad), Industrial Software (Sofia), ATM Electronics

Ltd. (Sofia), IMPEREX Ltd. (USA), ELINCHROM Ltd (Switzerland), DELTA IMPACT (Great Britain) and GILAT Ltd (Israel).

References:

1. Robert J. Rowland , Paul Belangia, Applied Surface Mount Assembly: A guide to surface mount materials and processes (Electrical Engineering), Springer, ISBN-10: 0442007272, 1993
2. Ray P. Prasad, Surface Mount Technology - Principles and practice, Second Edition, 2nd ed. Chapman&Hall, ISBN 0-412-12921-3, 1997, 775p.
3. Strauss, Rudolf , SMT Soldering Handbook, Newnes, 1998, ISBN 0 7506 1862 0
4. <https://riversideelectronics.com/2019/06/12/history-benefits-smt-equipment-electronics-manufacturing/> отворен 06.2018
5. Eric Bogatin, Roadmaps of Packaging Technology, ISBN: 1-877750-61-1 © 1997, Integrated Circuit Engineering Corporation
6. The SMT step by step collection 2006, PennWell Co. ISBN-10 1-59370-087-3, 2006
7. <https://www.mycronic.com/en/products/surface-mount-technologies/JetPrinter-JetDispenser/> отворен 10.2018
8. R.W. Kay, E. deGourcuff, I. Roney, N. J. Gorman, Stencil printing technology for fine pitch deposition of Pb-free flip chip interconnects, [http://www.microstencil.co.uk/Papers/Stencil Printing technology for fine pitch deposition of Pb-free flip chip interconnects.pdf](http://www.microstencil.co.uk/Papers/Stencil%20Printing%20technology%20for%20fine%20pitch%20deposition%20of%20Pb-free%20flip%20chip%20interconnects.pdf) отворен 11.2016
9. Oliver Krammer, László Jakab, Balazs Illes, David Bušek, Ivana Beshajová Pelikánová, (2018) "Investigating the attack angle of squeegees with different geometries", Soldering & Surface Mount Technology, Vol. 30 Issue: 2, pp.112-117.
10. <https://global.yamaha-motor.com/business/smt/mounter/g5s2/> отворен 04.2018
11. <https://www.fuji-euro.de/en/products/bestueckungsmaschinen/nxt-series/> отворен 02.2019
12. Atsushi Kikuchi, The Greening of the Reflow Process, Through Partnership, Heller and Sony, 2001.
13. Repeatability of the Temperature Profile, Heller Industries, 2000.
14. Jianbiao Pan, Brian J. Toleno, Tzu-Chien Chou, Wesley J. Dee, Effect of Reflow Profile on SnPb and SnAgCu Solder Joint Shear Force, 2010

15. Amjad Esfahani, Implementation and Solder Reflow Guidelines for Pb-Free Packages, XAPP427 (v2.7) December 20, 2017
16. Bob Willis, "PIHR technology", BR Publishing Inc., 2012
17. Phil Zarrow, Reflow Soldering of Through-hole Components, ITM, Inc., 2009
18. Tsung-Nan Tsai, Optimizing Reflow Thermal Profiling Using a Grey-Taguchi Method, Journal of Quality Vol. 22, No. 5 (2015.) 365
19. Lungen S, Klemm A, Wohlrabe H, Evaluation of the quality of SMDs according to vacuum vapour phase soldering, 38th IEEE ISSE, (2015.) pp. 218 – 222
20. Bob Willis, Assembly of Flexible Circuits with Lead-Free Solder Alloy, <http://www.smartgroup.org/wp-content/uploads/2013/04/web14Aug2012.pdf> отворен 11.2016 г.
21. H. Wohlrabe and G. Reichelt, "R1 – A reliability comparison study between 14 lead free alloys", 15th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC 2013), Singapore, 2013, 292-297
22. A novel approach towards void reduction, Interflux® Electronics NV – Technical Department, 2017
23. Mehran Maalekian, Ph.D., Yuan Xu, Karl Seelig, "Effect of Bi content on properties of low silver SAC solders", Proceedings of SMTA International, Sep. 27 - Oct. 1, 2015, Rosemont, IL, 191-198
24. Tim Jensen, Ronald C. Lasky, Ph.D. Practical Tips in Implementing the "Pin in Paste" Process. Indium corporation of USA, Utica, NY. 2010
25. Oliver Krammer, Bertalan Varga, Karel Dušek, (2017) "New method for determining correction factors for pin-in-paste solder volumes", Soldering & Surface Mount Technology, Vol. 29 Issue: 1, pp.2-9
26. D. J. Xie, Y. C. Chan, J. K. L. Lai, "An Experimental Approach to Pore-Free Low Soldering", IEEE Transactions On Components, Packaging, and Manufacturing technology-Part B, Vol. 19, No. 1, February 1996
27. Synkiewicz B K, Skwarek A and Witek K, Voids investigation in solder joints performed with vapour phase soldering (VPS), Solder. Surf. Mt. Tech., (2014.) Vol. 26 No. 1 pp. 8–11
28. Raiyo Aspiandiar, "Voids in solder joints", SMTA, March 20, 2018

29. E. Jafar-Salehi, M. Eslamian, M.Z. Saghir, “Effect of thermodiffusion on the fluid flow, heat transfer, and solidification of molten metal alloys“, Engineering Science and Technology, an International Journal 19 (2016) 511–517
30. Peter Biocca, „Lead-Free SMT Soldering Defects How To Prevent Them“, Lead-free Electronics, 2004 Edition, Sanka Ganesan; Michael Pecht, Calce Press
31. Kurt Rajewski, „SMT Process Recommendations Defect Minimization Methods for a No-Clean SMT Process“, Kester company, 2018
32. Yu-Fang Chiu, Ying-Ling Tsai, Weng-Sing Hwang, „Mathematical modeling for the solidification heat-transfer phenomena during the reflow process of lead–tin alloy solder joint in electronics packaging“, Applied Mathematical Modelling 27 (2003) 565–579

Signature.....

/chief asst. prof. PhD eng. V. Tsenev/

Sofia, 16.01.2020

РЕЗЮМЕ

на представените публикации за не реферирани издания с научно рецензиране (Г8)

1. Валентин Ценев, „Прилагане на метода „Подредено производство“ (Lean Manufacturing) за повишаване ефективността на дискретно електронно производство в условията на Тотално управление на качеството (ТУК)“, XXV ННСМУ „Метрология и Метрологично Осигуряване 2015“, Созопол, България, септември 2015, септември 2015, Доклади от 25 национален научен симпозиум с международно участие, стр. 567-570 . ISSN 1313-9126

Разгледан е съвременен начин за подредено производство Lean Manufacturing. В реално производство е извършено развитие на монтажна линия чрез използване на Lean Manufacturing. Сравнени са резултатите от преминаване към конвейерно производство и към конвейерно производство с тактуване.

2. Валентин Ценев, „Подредено производство“ (Lean manufacturing) за повишаване ефективността на конвейерно машинно електронно производство в условия на Тотално управление на качеството(ТУК)“, SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE INNOVATIONS IN ENGINEERING , Varna, Bulgaria, September 2015 , p. 67-70 , ISSN 1310-3946

В статията е описано развитие на конвейерно производство в оптимизирано такова с използване на машини. Сравнени са резултатите от няколко етапа на въвеждане на машини и оптимизация с използване на Lean Manufacturing в условията на Тотално управление на качеството.

3. Валентин Ценев, „ПОДРЕДЕНО ПРОИЗВОДСТВО ЗА ПОВИШАВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА РОБОТИЗИРАНО ЕЛЕКТРОННО ПРОИЗВОДСТВО В УСЛОВИЯ НА ТОТАЛНО УПРАВЛЕНИЕ НА КАЧЕСТВОТО (ТУК)“, International Conference AUTOMATICS AND INFORMATICS'15, October 2015, Sofia, Bulgaria, p. 147-149 . ISSN 1313-1850

Разгледано и изследвано е преобразуването чрез Lean Manufacturing на конвейерен начин на механичен монтаж в роботен комплекс за монтаж. Сравнени са резултатите за производство на еднакви продукти чрез реалното използване на ръчен монтаж, конвейерен монтаж, конвейерен монтаж с тактуване, машинен конвейерен монтаж и роботен комплекс.

4. Валентин Ценев, „**ДОБАВЯНЕ НА ФУНКЦИОНАЛНОСТИ В ИНТЕГРИРАН РОБОТЕН КОМПЛЕКС ЗА АСЕМБЛИРАНЕ НА ЕЛЕКТРОННИ ИЗДЕЛИЯ**“, II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS INNOVATIONS IN ENGINEERING, JUNE 2016, VARNA, BULGARIA, p. 103-104. ISSN 2535-0285

Изследвана е ефективността на работа на роботен комплекс чрез реализирана промяна на подаването на елементи от тава към подаване от конвейер. Приложена е идеята за паралелно изпълнение на операции. Сравнени са реалните резултати от двата типа на подаване на елементи.

5. Валентин Ценев, „**АВТОМАТИЗИРАНО ПОДАВАНЕ НА СПЕЦИАЛНИ КОНТАКТНИ ЕЛЕМЕНТИ ЗА ЕЛЕКТРОНЕН МОНТАЖ**“, II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS INNOVATIONS IN ENGINEERING, JUNE 2016, VARNA, BULGARIA, p. 105-107. ISSN 2535-0285

Реализирана и изследвана е идея за автоматично подаване на специални контактни елементи с ориентиране по изнесен център на тежест. Изпълнено е вибрационно кръгово и линейно подаване на компоненти със съответно честотно и фазово управление. Направени са изводи относно ефективността на приложението чрез конкретно измерени резултати.

6. Валентин Ценев, „**АВТОМАТИЗИРАНО НАРЯЗВАНЕ НА РЕЗБА НА СПЕЦИАЛЕН ЕЛЕКТРИЧЕСКИ КОНТАКТ ЗА ДИМНИ ДЕТЕКТОРИ**“, XXV МНТК „АДП-2016“, Юни 2016, Созопол, България, стр.141-144 . ISSN - 1310 -3946

В статията е разгледано създаването на автоматична машина за нарязване на резба на електрически контактен елемент и е изследвана

ефективността и. Описани са използвани принципни решения за ориентиране, сепариране и придвижване на обработваните елементи, както и на бързо и устойчиво нарязване на резба. Измерени са резултатите и са сравнени с ръчното изпълнение.

7. Валентин Ценев, **„АВТОМАТИЧНО МОНТИРАНЕ НА СПЕЦИАЛНИ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ КОНТАКТИ ЧРЕЗ SMD ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО И НАДЕЖДНОСТТА НА ДИМНИ ДЕТЕКТОРИ“**, XXVI

Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и Метрологично Осигуряване 2016“, Септември 2016, Созопол, България, стр.422 - 426. ISSN 1313-9126

Доразвита е чрез реално приложение за запояване на специални електрически контакти с технология за повърхностен монтаж на създадената конструкция за подаване на тези елементи. Направена е адаптация на подаващото устройство към бърза напълно автоматична линия за монтаж и запояване. Измерени са резултатите и е направено сравнение за оценка на ефективността.

8. Валентин Ценев, **„ОПТИМИЗИРАНЕ НА АСЕМБЛИРАНЕТО НА КАМЕРА ЗА ДИМЕН ДЕТЕКТОР С ЦЕЛ СТАБИЛИЗИРАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ И“**,

XXVI Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и Метрологично Осигуряване 2016“, Септември 2016, Созопол, България, стр.427 - 430. ISSN 1313-9126

Направено е разглеждане на създаване на машина за бързо и много точно асемблиране на камера за димен детектор, позволяваща стабилизиране на параметрите и. Измерени са параметрите и за оценка на ефективността. Направени са изводи за бъдещото развитие на цялостния автоматичен процес за подготовка на камера за димен детектор при големи обеми на производство.

9. В. Ценев, **„АВТОМАТИЧНО МАРКИРАНЕ НА ИЗДЕЛИЯ В РОБОТЕН КОМПЛЕКС ЗА АСЕМБЛИРАНЕ НА ДАТЧИЦИ“**, XXVIII международна научно-техническа конференция АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО “АДП -2019”“, Юни-Юли.2019, Созопол, България, ISSN - 1310 -3946

Описано и изследвано е създаването на автоматичен маркиращ модул и адаптирането му в роботен комплекс за механично сглобяване на изделия. Представени са схеми, оказващи интегрирането му във вече изградения комплекс. Имерени и оценени са ефективността и ползите от интегрирането му.

10. В. Ценев, „**АВТОМАТИЧНА МАШИНА ЗА БЪРЗО АСЕМБЛИРАНЕ НА ОСНОВИ ЗА ДАТЧИЦИ**“, XXVIII международна научно-техническа конференция АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО “АДП -2019”“, Юни-Юли.2019, Созопол, България, ISSN - 1310 -3946

В статията е описано създаването и изследването на машина за автоматично сглобяване на контактни основи за датчици на базата на вече създадени и изтествани в реално производство устройства за подаване на елементи. Измерени и сравнени са резултатите от ръчно сглобяване на основи, конвейерно производство, тактувано конвейерно производство и машинно такова. Направени са изводи за ползите от използването на специализирана машина.

ОСНОВНИ ПРИНОСИ:

- * Представен е приложен подход за оптимално създаване и настройка на конвейери за производство с използване на Lean Manufacturing
- * Представен е приложен метод за автоматично производство на елементи за изделия или тяхна автоматична обработка и измерване на ефективността им
- * Представен е приложен метод за автоматично подаване на нестандартни компоненти за монтаж към бързи напълно автоматични работни комплекси
- * Представен е приложен метод за автоматично сглобяване на междинни и крайни изделия и сравнение на ефективността им
- * Представен е приложен метод за автоматично роботно сглобяване, развитието му и анализ на ефективността му

Подпис:

/гл. ас. д-р инж. Валентин Ценев/

София, 16.01.2020 г.

RESUME related to Г8.

non-referenced issues with scientific reviewing or in edited coauthor works

1. Valentin Tsenev, "**Implementation of the Lean Manufacturing Method for Improving the Efficiency of Discrete Electronic Manufacturing under the Conditions of Total Quality Management (TQM)**", XVV NNSMU "Metrology and Metrological Insurance 2015", Sozopol, Bulgaria, September 2015, Papers from the 25th National Science Symposium with International Participation, pp. 567-570. ISSN 1313-9126

A modern way of ordering Lean Manufacturing is considered. In actual production, an assembly line was developed using Lean Manufacturing. The results of the transition to conveyor production and to conveyor production with timing are compared.

2. Valentin Tsenev, "**Lean Manufacturing for Increasing the Efficiency of Conveyor Machine Electronic Production in the Conditions of Total Quality Management (TQM)**", SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE INNOVATIONS IN ENGINEERING, Varna, Bulgaria, September 2015, p. 67-70, ISSN 1310-3946

The paper describes the development of conveyor production in an optimized one using machines. The results of several stages of machine introduction and optimization were compared using Lean Manufacturing under Total Quality Management.

3. Valentin Tsenev, "**WEEL ARRENGED PRODUCTION TO INCREASE THE EFFICIENCY OF ROBOTIC ELECTRONIC PRODUCTION UNDER TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM)**," International Conference AUTOMATICS AND INFORMATICS'15, October 2015, Sofia, Bulgaria, p. 147-149. ISSN 1313-1850

Conversion of mechanical assembly into a robotic assembly complex is examined and investigated by Lean Manufacturing. The results for the production of identical products by the actual use of manual assembly,

conveyor assembly, conveyor assembly with timing, machine conveyor assembly and robot complex were compared.

4. Valentin Tsenev, "**ADDING FUNCTIONALITY IN AN INTEGRATED ROBOTIC COMPLEX FOR ASSEMBLING OF ELECTRONIC PRODUCTS**", II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS INNOVATIONS IN ENGINEERING, JUNE, 2016, JUNE. 103-104. ISSN 2535-0285

The work efficiency of a robotic complex was investigated by realizing the change of feed of elements from the tray to the feed from a conveyor. The idea of parallel execution of operations is attached. The actual results of the two types of filing are compared.

5. Valentin Tsenev, "**AUTOMATIC SUBMISSION OF SPECIAL CONTACT ELEMENTS FOR ELECTRONIC ASSEMBLY**", II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS INNOVATIONS IN ENGINEERING, JUNE 2016, VARNA, BULGARIA, p. 105-107. ISSN 2535-0285

The idea for the automatic submission of special contact elements with orientation along the external center of gravity has been realized and researched. Vibrational circular and linear feed of components with corresponding frequency and phase control is performed. Conclusions have been made about the effectiveness of the application through specifically measured results.

6. Valentin Tsenev, "**AUTOMATIC THREAD OF SPECIAL ELECTRICAL CONTACT FOR SMOKE DETECTORS**", XVV MSTC "ADP-2016", June 2016, Sozopol, Bulgaria, pp.141-144. ISSN - 1310 -3946

The paper deals with the creation of an automatic thread cutting machine for an electrical contact element and examines its effectiveness. It describes the basic solutions used for orienting, separating and moving the machined elements, as well as for fast and stable thread cutting. Results were measured and compared with manual execution.

7. Valentin Tsenev, "**AUTOMATIC INSTALLATION OF SPECIAL ELECTRICAL CONTACTS THROUGH SMD TECHNOLOGY TO IMPROVE THE QUALITY AND RELIABILITY OF SMOKE DETECTORS**", XXVI National Scientific Symposium

with International Participation "Metrology and Metrological Insurance 2016", September 2016, Sozopol, Bulgaria, pp.422 - 426. ISSN 1313-9126
It is further developed through a real application for soldering special electrical contacts with surface mounting technology of the created structure for feeding these elements. The feeder has been adapted to a fast fully automatic assembly and soldering line. The results were measured and a comparison was made to evaluate performance.

8. Valentin Tsenev, **"OPTIMIZING THE ASSEMBLY OF THE SMOKE DETECTOR CAMERA WITH THE PURPOSE OF STABILIZING THE PARAMETERS"**, XXVI National Scientific Symposium with International Participation "Metrology and Metrology 2016, September 4, 2014. ISSN 1313-9126

Consideration is given to creating a machine for fast and very accurate assembly of a smoke detector camera, which allows stabilization of its parameters. Parameters are also measured for performance evaluation. Conclusions are made about the future development of the overall automatic process for preparing a smoke detector camera at high volumes of production.

9. V. Tsenev, **"AUTOMATIC MARKING OF PRODUCTS IN A ROBOTIC COMPLEX FOR ASSEMBLY OF DETECTOES"**, XXVIII International Scientific and Technical Conference AUTOMATION OF THE DISCRETE PRODUCTION, "ADP-2019", June-July 2019, Sozopol, Bulgaria, ISSN - 1310 -3946

Описано и изследвано е създаването на автоматичен маркиращ модул и адаптирането му в роботен комплекс за механично сглобяване на изделия. Представени са схеми, оказващи интегрирането му във вече изградения комплекс. Имерени и оценени са ефективността и ползите от интегрирането му. It is described and investigated the creation of an automatic marking module and its adaptation in a robotic complex for mechanical assembly of products. Circuit charts are presented for its integration into the complex already built. The effectiveness and benefits of integrating it are measured and evaluated.

10. V. Tsenev, “**AUTOMATIC MACHINE FOR QUICK ASSEMBLING OF BASICS FOR DETECTORS**” XXVIII International Scientific and Technical Conference AUTOMATION OF DISCRETE MANUFACTURING “ADP-2019”, June-July 2019, Sozopol, Bulgaria, ISSN - 1310 -3946

The paper describes the creation and testing of a machine for the automatic assembly of contact bases for detectors based on devices already created and tested in real production. The results of manual assembly of the bases, conveyor production, timed conveyor production and machine ones were measured and compared. Conclusions are made about the benefits of using a specialized machine.

MAJOR CONTRIBUTIONS FROM PUBLICATIONS:

- * An applied approach for optimally creating and adjusting production conveyors using Lean Manufacturing is presented**
- * An applied method is provided for the automatic production of elements for products or their automatic processing and measurement of their effectiveness**
- * An applied method for the automatic submission of non-standard components for assembly to fast fully automatic work complexes is presented**
- * An applied method for automatic assembly of intermediate and finished products and comparison of their efficiency is presented**
- * An applied method for automatic robotic assembly, its development and analysis of its effectiveness is presented**

Signature.....

**/chief asst. prof. PhD eng. V.
Tsenev/**

Sofia, 16.01.2020