ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
СССР ПО СТАНДАРТАМ

ВНИИНМАШ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ ИЗДЕЛИЙ

Р 50-54-48-88

САПР

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
(Госстандарт СССР)

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по нормализации в машиностроении
(ВНИИНМАШ)

Утверждены

Приказом ВНИИНМАШ
№ 73 от 22.03.88 г.

САПР. Автоматизация проектирования технологии пайки изделий

Р е к о м е н д а ц и и

Р 50-54-48-88

Москва 1988

УДК 65.015.13.011.56.(083.96)

Группа Т58

РЕКОМЕНДАЦИИ

САПР. Автоматизация проектирования технологии пайки изделий

Р 50-54-48-88

ОКСТУ 0014

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Технология пайки изделий разрабатывается одновременно с проектированием конструкции на стадии подготовки производства.

I.2. Графическая модель формирования технологии пайки при изготовлении групп изделий основана на том, что качество паяного изделия определяется единством (взаимосвязью) и совместимостью важнейших элементов производственной системы между собой и с эксплуатационными характеристиками паяного изделия Э (рис.I).

I.3. Паяное изделие характеризуется конструкционными факторами его соединений $К_{Ф}^{п.с.}$ и собственно изделия $К_{Ф}^{к.и.}$. К первым относятся тип соединения, паяльный зазор, нахлестка, угол скоса, шероховатость материала. Ко вторым – конструкционный класс изделия, масштабный фактор (габаритные размеры, толщина стенок), общая протяженность паяных швов и наклон зазора при пайке, масса изделия.

I.4. Конструкционный материал $М_{К}$ кроме механических, физических и химических свойств характеризуется температурой солидуса и критическими областями нагрева, в которых обратимо или необратимо ухудшаются его эксплуатационные свойства.

I.5. Способы пайки: по формированию паяного шва (СПI); условиям образования припоя, кристаллизации шва и заполнения зазора припоем; удалению окисной пленки (СП2); источнику нагрева (СП3); осуществлению давления на соединяемые детали

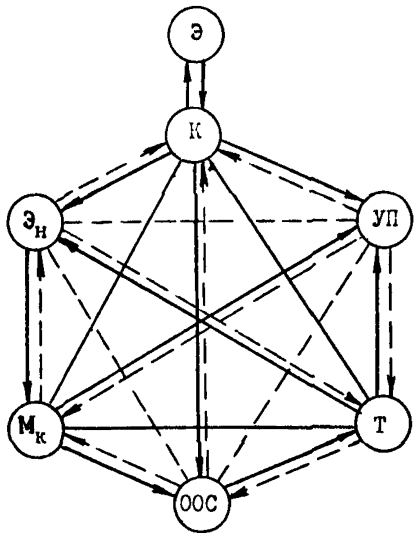


Рис.I. Взаимосвязь эксплуатационных характеристик паяного изделия Э с важнейшими элементами производственной системы

(СП4); одновременности выполнения соединений изделия (ГОСТ I7349-79).

I.6. Операции пайки: нагрев, температурный режим (ТРП), термический цикл (тип), введение припоя $М_п$ и вспомогательного материала $М_{всп}$, а при нефиксированном зазоре – приложение давления на соединяемые детали. На качество пайки существенно влияют предварительные операции: подготовка поверхности $М_к$, сборка. На качество готового изделия – последующие: промывка, термообработка и др.

I.7. Оснащение: оборудование, оснастка, инструмент, средства механизации и автоматизации.

Технология пайки Т определяется ее способами.

I.8. Эффективность производства в комплексном технологическом процессе изготовления изделия обеспечивается его экономичностью $Э_н$, организацией и управлением производства ОУ, охраной окружающей среды ООС (см.рис.I). Критерием эффективности $К_э$ служит совместимость К, $М_к$, Т, Э с этими элементами производственной системы.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ТИПОВЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ

2.I. Основные этапы разработки ТПР технологии паяных изделий и перечень данных, служащих входной информацией, устанавливаются на основе графической информационной модели проектирования ТП изделий из заданного конструкционного материала $М_к$.

2.2. Разработке ТПР должны предшествовать следующие мероприятия:

Классификации: способов пайки (см.п.I.5), флюсов (ГОСТ I9250-73), припоев (ГОСТ I9248-73), оборудования, инструментов, оснастки, средств механизации, автоматизации и роботизации, паяных изделий и соединений по общности конструкционно-технических характеристик, для которых возможна разработка общих групповых и типовых технологий (ГОСТ I9249-73).

Определение состава входной и выходной информации для изготовления паяного изделия заданных класса, групп и партий.

Выбор групповой и единичной технологий с учетом свойств конструкционного материала, имеющегося оборудования и применяемых средств технологического оснащения.

Разработка алгоритмов преобразования входной и выходной информации для определения количественных параметров, характеризующих способы и режимы, технологические и вспомогательные материалы, оборудование и инструмент, оснастку, средства механизации и автоматизации, роботизации по всей совокупности групповых процессов для изделий каждого выделенного класса.

Подготовка математического, программного, технического и информационного обеспечения для реализации этих алгоритмов в рамках САПР ТП ПИ.

Анализ технико-экономической эффективности проектных решений.

Оформление документов ТПР, в том числе с использованием ЭВМ.

2.3. Классификация паяных изделий для условий производства конкретной отрасли выполняется путем выделения из общей номенклатуры классов, подклассов, групп, объединенных согласно конструкторской документации общностью геометрических характеристик массы, конструкционного материала, серийности изготовления и др. в рамках типовой технологии. При этом возможно использование, например, отраслевых материалов с учетом комплекса признаков, характеризующих условия последующей механо-, термообработки, и особых технологических требований к изделию.

2.4. Количественную оценку принадлежности изделия к одному из классов и формирование типовой технологии осуществляют с помощью статистических методов или детерминированно.

2.5. В соответствии с классификацией изделий создается каталог типовых проектных решений и типовых технологий, а также выделяются типовые паяные изделия.

2.6. При оформлении рабочей технологии на основе типовой уточняют (при автоматизированном проектировании с помощью специальных алгоритмов) количественные параметры и последовательность выполнения отдельных этапов, а также выбирают (на базе типовых) средства технологического оснащения.

На каждом этапе определяют рациональные (оптимальные) режимы изготовления изделий как производственно-технического назначения (ПТН), так и в целом выделенного класса.

2.7. При проектировании технологии изготовления изделий ПТН следует учитывать сложные функциональные взаимосвязи между исходными факторами элементов производственной системы.

2.8. Образование паяного соединения происходит в результате теплового воздействия на паяемый материал, припои, вспомогательные материалы (флюсы, газовые среды, стоп-пасты и др.); их физического и физико-химического взаимодействия, а также с окружающей средой и материалом оснастки и др. Выбирая опти-

мальную технологию пайки, надо учитывать влияние всех этих процессов, а также конструкционных факторов на качество паяного изделия. Проектирование технологии пайки должно состоять из нескольких этапов, отвечающих следующим требованиям:

механические, физические и физико-химические свойства паяемого материала необходимо сохранять в требуемых интервалах,

применяемые припои и способы пайки должны обеспечивать требуемые свойства паяного соединения и изделия в целом,

выбранную технологию необходимо оснастить соответствующим оборудованием, инструментом, средствами механизации, автоматизации и роботизации.

Только при поэтапном проектировании технологии возможна ее оптимизация. Каждый следующий этап базируется на данных, полученных на предыдущих. Так, оборудование выбирают только после обоснования термических режима и цикла пайки; последние – после того, как выбран припой (способ пайки по формированию паяного шва и получению припоя), способы пайки по удалению окисной пленки – после получения информации о допустимых температурах плавления припоя и пайки, т.е. интервалах нагрева паяемого материала, в которых он не теряет своих эксплуатационных свойств.

2.9. На этапах проектирования технологии пайки, когда существенное влияние оказывают конструкция, масса и габаритные размеры изделия, следует учитывать возможность ее осуществления при заданных конструкционных факторах соединений и изделия.

2.10. Выбор оптимальной технологии изделия требует учета всех влияющих на технологию факторов и должен базироваться на теории процессов пайки, производственном опыте и опыте эксплуатации паяных изделий.

3. ГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ

3.1. Информационная модель проектирования технологии пайки приведена на рис.2. В основу поиска оптимальной технологии положен декомпозиционный алгоритм, реализуемый в 15 этапов

(Z_1, Z_2, ... Z_{15}). На каждом следующем этапе происходит целенаправленное сужение области допустимых решений с помощью соответствующих ограничений (частных критериев $К_I$, ..., $К_{I5}$).

Модель базируется на условиях обеспечения качества паяных изделий, задаваемых критерием качества $К_к$.

3.2. Входной информацией для данной модели служат эксплуатационные характеристики изделия (условия и ресурс работы) и соответствующие им свойства соединений. К последним относятся прочностные свойства (кратковременная, длительная, вибрационная прочность, жаро- и хладостойкость, ударная вязкость и др.); физические (герметичность, вакуумплотность, электропроводность и др.) и химические (коррозионная стойкость в различных климатических условиях и средах); температура распайки и др.

3.3. Учитывая требование сохранения эксплуатационных свойств $М_к$, пайку производят:

а) при температуре ниже температуры солидуса $М_к$ ($t_п < t^{сол}_{М_к}$) и выше ликвидуса (солидуса) припоя $t_{с.п}$: $t_{с.п} < t_{п_{лм}}$; $t_п > t^{ликв}_{М_п}$

б) в интервалах вне критических температур $М_к$: $t_п \gtrless \Delta t_{кр}$;

в) при температуре ниже температуры распайки выполненных ранее паяных швов $t_п < t_{рсп}$.

3.4. В связи с этим на первом этапе проектирования Z_1 по входной информации о марке конструкционного материала и данным о температуре его солидуса и критических температурах пайки (критерий $К_I$) принимают температурные области допустимого нагрева $М_к$ $\Delta t'_п$.

3.5. На следующем этапе Z_2 по входной информации $\Delta t'_п$ и данным о температурах плавления групп припоев (критерий $К_2$) выбирают основы $М^I_п$, у которых температура пайки $[t_п = t_{лп} + (15-50^oC)]$ находится в интервале допустимого для $М_к$ нагрева $\Delta t_п$ и (или) $t_п < t_{рсп}$.

3.6. На этапе Z_3 из припоев $М^I_п$ выбирают $М^{II}_п$, которые физико-химически совместимы с $М_к$ (критерий $К_3$). Входной информацией служат основы припоев $М^I_п$, а также таблица физико-химической совместимости известных $М_к$ с различными основами припоев и примерные температурные области пайки. Для принятых

$М_{п}^{II}$ должны удовлетворять следующие неравенства:

$$t_п \leq t_{х.э} \text{ и } \tau_п < \tau_{х.э},$$

$$t_п \leq t_{g.п} \text{ и } \tau_п \leq \Delta t_{g.п}$$

$$t_п \leq \Delta t_х \text{ и } \tau_п < \tau_{х.с},$$

где $t_п$ – температура пайки; $\Delta t_{х.э}, \Delta t_{х.с}, \Delta t_{g.п}, \Delta t_{exp}$ температурные интервалы недопустимого развития химической эрозии, прослоек, химических соединений, диффузионной пористости или охрупчивания $М_к$ в контакте с жидким припоем соответственно; $\tau_п$ – выдержка при температуре пайки; $\tau_{х.э}$, $\tau_{х.с}$, $\tau_{g.п}$ – минимальное время до начала развития химической эрозии, химических прослоек и диффузионной пористости при температуре пайки $t_п$.

Условная совместимость $М_к$ с основой $М_п$ может быть корректирована легированием выбранной основы припоя $М_{п}^{II}$ (или заменой $М_к$).

3.7. Основу припоя $М_{п}^{II}$ получают способом пайки СПИ (этап $\mathcal{Z}_4$) по входной информации о классификации этих способов и областей применения (рис.2, табл.4). По критерию $К_4$, температура пайки должна быть выше температуры контактно-реактивного (к-р) плавления $М_к$ с контактным материалом $М_{конт}$ или температуры контактно-твердогазового (К-Т-Г) плавления $М_к$ или $М_{конт}$ с парами депрессанта $М_{дп}$, температуры начала высаживания основы припоя $М_{п}^{II}$ из компонентов флюса в контакте с $М_к$, температуры твердожидкого спекания при композиционной пайке, температуры заметной диффузии депрессанта припоя в твердый раствор на основе $М_к$ при диффузионной пайке.

3.8. Некоторые способы СПИ требуют прижима паяных деталей. Поэтому на этапе $\mathcal{Z}_5$ производят дополнительный отбор СПИ с учетом особенностей $К_{ф}^{пс.}$ и $К_{ф}^{пи.}$ по критерию $К_5$: при контактно-реактивной композиционной и диффузионной способах пайки, а также пайке готовым припоем, уложенным в зазор, необходим прижим деталей ($Р > 0$); при контактно-твердогазовой пайке и пайке готовым припоем с введением последнего в зазор (изотермический контакт) или в процессе расплавления припоя,

уложенного предварительно у зазора при сборке (неизотермический контакт), - лишь фиксация зазора (P=0).

3.9. На этапе $\mathcal{Z}_6$ по входной информации о классификации способов пайки СП2, а также данным их пригодности для принятых ранее СП1^{II}, t_n, $M_п^{II}$, $M_к$ и заданных $K_ф^{пс}$ и $K_ф^{п.с}$ по критерию K_6 выбирают СП2^{I} (активирования), который обеспечит требуемую коррозионную стойкость соединений и температуру смачивания $M_к$ жидким припоем $M_п^{II}$ в интервале $\Delta t'_n$ допустимого нагрева $M_к$. При этом:

при абразивно-кристаллической пайке температурная область лужения должна находиться в области твердо-жидкого состояния припоя $\Delta t_{т-ж\,M_п}$, а при ультразвуковой - выше ликвидуса припоя $\Delta t_{луж} \subset \Delta t_{т-ж\,M_п}$; $\Delta t_{ликв.\,M_п}$;

при абразивно-кристаллической, ультразвуковой и абразивно-кавитационной пайке (лужении) удаление окисной пленки от мест нарушения ее сплошности возможно при условии достаточной растворимости $M_к$ в жидком $M_п$;

слой полуды при пайке и хранении не должен окисляться и препятствовать последующей бесфлюсовой пайке.

3.10. Для выбранного СП2^{I} на этапе $\mathcal{Z}_7$ по входной информации о классификации $M_{всп}$ и данным о марках, составе, температурных интервалах активности термической стойкости и $M^{I}_{всп}$ по критерию K_7 пригодности вспомогательных материалов:

температурно-временная область пайки $S(t,\tau)_n$ находится в температурно-временной области активности флюса в контакте с жидким припоем $S(t,\tau)_{акт.ф}$ а последняя - в области достаточной термической стойкости флюса $S(t,\tau)_ф$: $S(t,\tau)_n \subset S(t,\tau)_{ф M_п}$; $S(t,\tau)_n \subset S(t,\tau)_{акт.ф.}$;

для активных газовых сред температура пайки находится в температурной области их активности, а продукты взаимодействия при пайке - в жидком или газообразном состояниях; активная газовая среда не должна при пайке ухудшать свойств $M_к$ и $M_п$; $t_n \subset \Delta t_{от\,активности}$;

при пайке в вакууме не должно происходить испарения компонентов припоя, приводящего к заметному изменению их свойств или уменьшению толщины контактных прослоек, а в поверхностном слое $М_к$ – изменение его свойств, определяющих физико-химическую совместимость с $М_п$ и $М_{всп}$; $t_п < t^{Mn}_{исп}$.

3.II. На этапе $\mathcal{Z}_8$ по входной информации $М^{II}_п$ и данным о характере влияния легирующих элементов на свойства паяных соединений по критерию $К_8$ выбирают дополнительное легирование припоев на основе $М^{II}_п$, обеспечивающее требуемые эксплуатационные свойства этих соединений; $Э_{п.с} \geqslant Э$.

3.I2. На этапе $\mathcal{Z}_9$ по входной информации о $К^{п.с.}_ф$, $М^{I\ II}_п$, $М^{II}_{всп}$, $СП1^{II}$, $СП2^{I}$, расходе припоев на изделие и данным о различных планах экспериментов по критерию $К_9$ принимают тот план, который подходит для рассматриваемого случая:

при 3–4 факторах – полный факторный эксперимент;

при очень большом числе факторов и минимальном – опытов – симплексный метод;

при смешанных количественных и качественных факторах – метод сложных совмещенных планов.

3.I3. На этапе $\mathcal{Z}_{10}$ по входной информации о классификации способов давления при пайке СП4 и данным об областях их применения по критерию $К_{I0}$ выбирают $СП4^{I}$, который обеспечит режим давления РД, выбранный на этапе $\mathcal{Z}_9$.

3.I4. На этапе $\mathcal{Z}_{11}$ принимают способ пайки СП3 по входной информации о классификации способов СП3 и данным о пригодности их для принятых ранее $М^{III}_п$, $М^{I}_{всп}$, $СП4^{I}$ и $К^{п.и}_ф$ (критерий $К_{II}$ для изделий с разовым $К^{п.и}_ф$).

3.I5. На этапе $\mathcal{Z}_{12}$ для способа пайки $СП3^{I}$ определяют ТЦП по тепловым характеристикам $М_к$, массе, конструкционному классу, габаритным размерам изделия и др., представляющий развитие термических формаций изделий и трещин.

3.I6. Материал оснастки $М_{осн}$ выбирают на этапе $\mathcal{Z}_{13}$ по входной информации о его классификации по теплостойкости, жаропрочности и жаростойкости, данным о составе и марках.

По критерию K_{I3} при температуре пайки сохраняется предел упругости материала оснастки. Механические свойства $M_{осн}$ не должны ухудшаться под воздействием $M_{всп}$, $M_{п}$, ТРП, ТЦП после N-кратного использования и он не должен вступать в контактно-реактивное или контактно-твердожидкое плавление с $M_{к}$ и $M_{п}$ и контактно-твердогазовое плавление с парами газовой среды.

3.17. Оборудование для пайки изделия выбирают на этапе $\mathcal{Z}_{14}$ для $M_{к}$, Г, а также $M_{п}^{II}$, $M_{всп}^{I}$, $M_{осн}^{I}$, $СП1^{II}$, $СП2^{I}$, $СП4^{I}$ по входной информации о его классификации и данным о нагревательном инструменте, объему рабочей камеры или мощности, ТЦП. По критерию K_{I4} для СП3 с общим нагревом оборудование выбирается с учетом габаритных размеров рабочей камеры, температурно-временных режимов, а для локального нагрева – мощности нагревательного инструмента.

3.18. При выборе припоев и вспомогательных материалов (флюсов, активных газовых сред) следует учитывать их стоимость и дефицитность, а также токсичность, особенно в условиях массового и крупносерийного производств, используя заменители и пайку в вакууме.

3.19. Заданная информация в таблицах данных и частных критериях должна быть достаточно полной и достоверной.

4. ОПИСАНИЕ ВХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ X_{N} И ТАБЛИЦ T_{m}

4.1. Входная информация графической модели проектирования технологии пайки.

Этап $\mathcal{Z}_{1}$ (прил.I):

X_{I} – марка $M_{К}$ изделия;

табл.I. Конструкционные материалы $M_{К}$ и их критические температуры нагрева.

Этап $\mathcal{Z}_{2}$ (прил.I):

X_{2} – допустимые температурные интервалы N нагрева $M_{К}$;

табл.2а. Основы припоев и их температурные интервалы плавления;

табл.2б. Механические свойства припоев в литом состоянии.

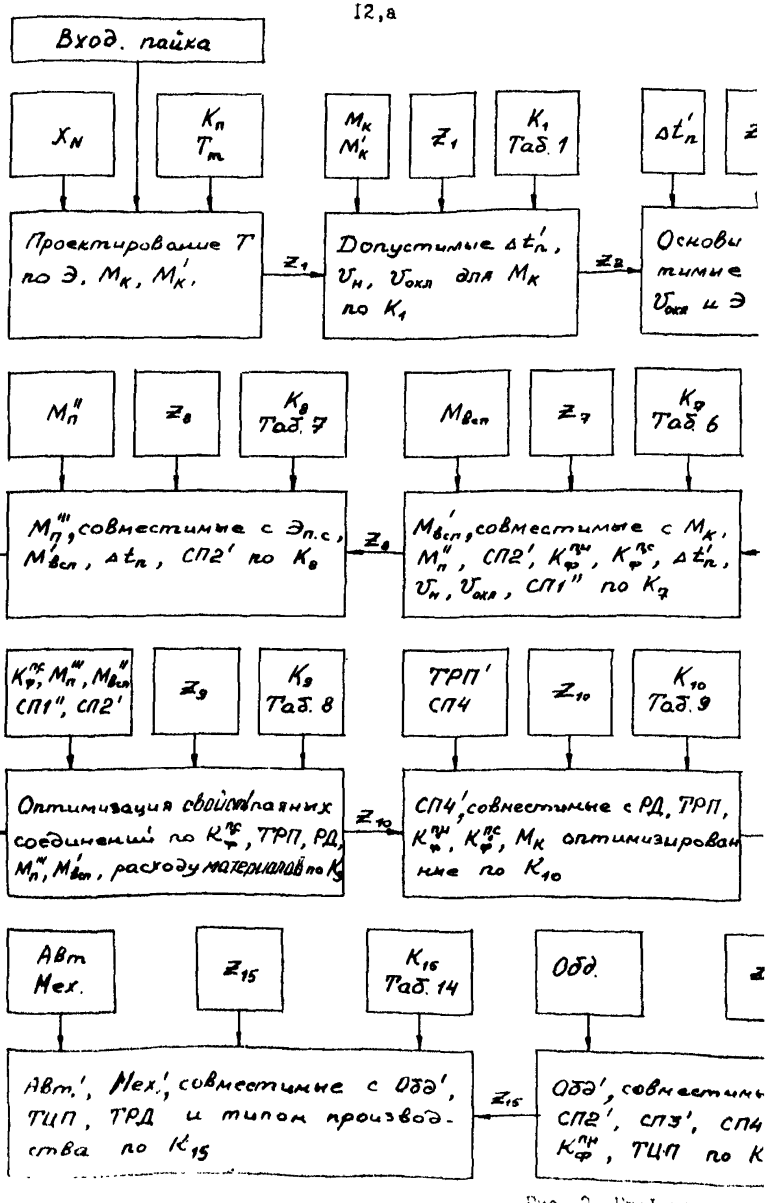
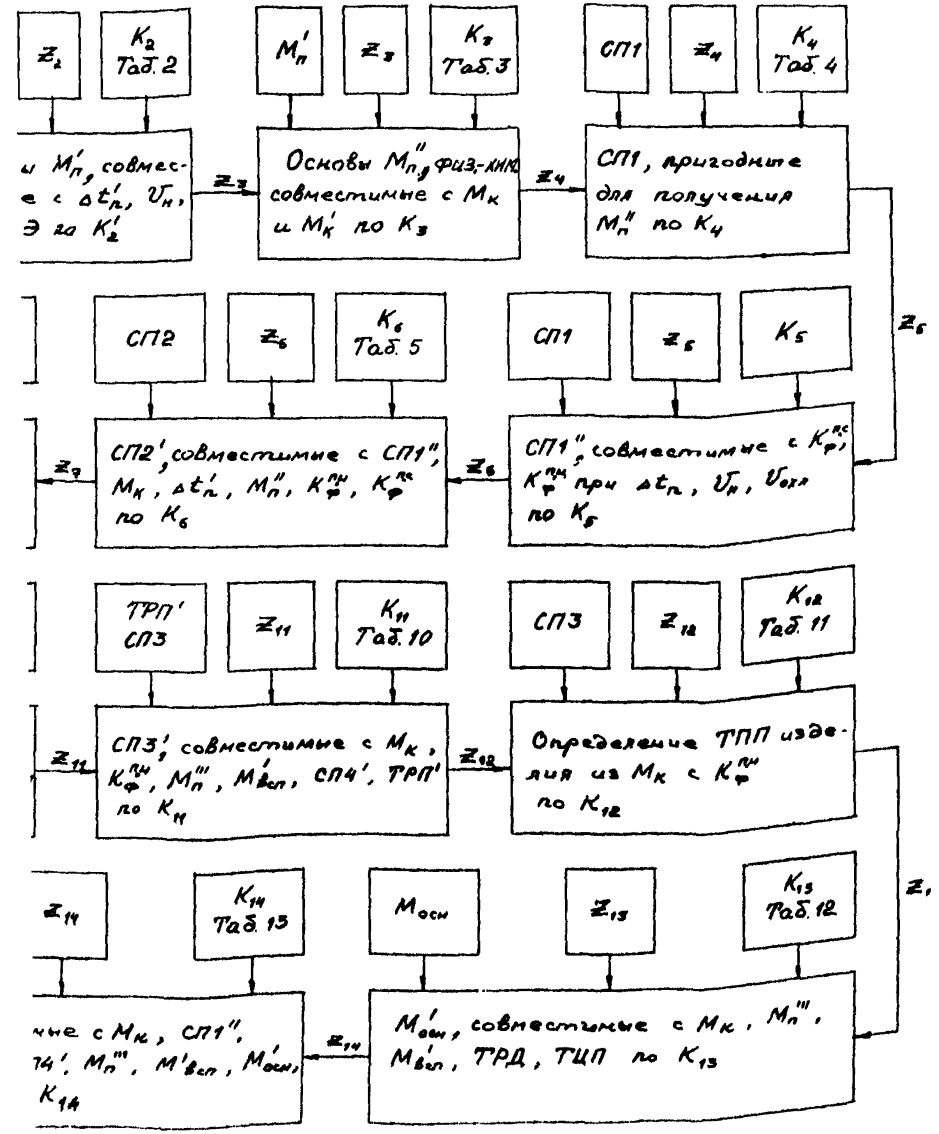


Рис. 2. Графическая и



информационная модель

Этап $\mathcal{Z}_3$ (прил.2):

X_3 – основы припоев $М_п^I$, пригодные для пайки $М_к$ с допустимыми температурами плавления;

табл.3. Физико-химическая совместимость $М_к$ с основами припоев $М_п^I$.

Этап $\mathcal{Z}_4$;

X_4 – классификация СП1;

табл.4. СП1 и получаемые по ним основы припоев $М_п^П$.

Этап $\mathcal{Z}_5$:

X_5 – СП1.

Этап $\mathcal{Z}_6$:

X_6 – классификация СП2;

табл.5. Пригодность СП2 для выбранных $СП1^{II}$ $\Delta t_л$, $М_п^{II}$ и заданных $М_к$, $К_Ф^{п.и.}$, $К_Ф^{п.с.}$ ($СП^I$).

Этап $\mathcal{Z}_7$:

X_7 – классификация $М_{всп}$;

табл.6. Группы $М_{всп}$, их состав, температурные интервалы активности и термическая стойкость флюсов $М_{а.г}$, $М_{и.г}$, $М_в$.

Этап $\mathcal{Z}_8$:

X_8 – $М_п^{II}$;

табл.7. Группы припоев на основе $М_п^{II}$ и их легирование для обеспечения Э.

Этап $\mathcal{Z}_9$:

X_9 – $М_п^{III}$, $М_{всп}^I$, $СП1^{II}$, $СП2^I$, $К_Ф^{п.с.}$;

табл.9. Планы экспериментов и их области применения.

Этап $\mathcal{Z}_{10}$:

X_{10} – классификация СП4;

табл.10. Области применения способов давления при пайке.

Этап $\mathcal{Z}_{11}$:

X_{11} – классификация СП3;

табл.11. СП3 и их пригодность для $М_п^{III}$, $М_{всп}$, СП4, $К_Ф^{ди.}$.

Этап $\mathcal{Z}_{12}$;

X_{12} – $СП3^I$;

табл.12. Формулы расчета ТЦП изделия по тепловым характеристикам $М_к$, $М_с$, $М_ш$, $К_Ф^{п.и.}$.

Этап $\mathcal{I}_{13}$:

X_{I3} – классификация $M_{осн}$ по температурам, средам нагрева, прочности, назначению;

табл.I3. Состав и свойства материала для оснастки при пайке.

Этап $\mathcal{I}_{14}$:

X_{I4} – классификация нагревательного оборудования и инструмента для пайки;

табл.I4. Оборудование и инструмент для нагрева при пайке и его характеристики по рабочей температуре, объему рабочего пространства или мощности, ТЦП и др.

Этап $\mathcal{I}_{15}$:

X_{I5} – классификация средств механизации, автоматизации, роботизации процессов при пайке;

табл.I5. Установки средств механизации, автоматизации, роботизации процессов пайки и их области применения (СПЗ, СП4).

4.2. При составлении программы проектирования технологии пайки в память машины вводят все данные критерии, приведенные выше, учитываются в таблицах оценки совместимости. Алгоритм проектирования на первых трех этапах приведен в прил.3.

4.3. Графическая модель проектирования технологии пайки изделий из разнородных материалов отличается тем, что поэтапные критерии и содержание таблиц дополняются с учетом особенностей формирования соединений. Например, критерий КI – требованием ориентировки на температуру солидуса наиболее легкоплавких из паяемых материалов: температурой пайки могут быть все области Δt_{Π} ниже температуры их плавления, расположенные вне критических областей M_K и M_K^1.

По критерию K_3 учитывающему степень химического сродства M_K с M_{KI} и интенсивность их массопереноса через жидкую фазу, температура пайки должна находиться вне температурных интервалов недопустимой химической эрозии, роста химических прослоек, развития диффузионной пористости и охрупчивания M_K и M_{KI} в контакте жидкого M_{Π} с обоими материалами. При большой разнице коэффициентов теплового расширения или полиморфного превращения паяемых материалов следует избегать образования

несогласованных спаев, применяя композиционные или высокопластичные припои, широкие зазоры. Критерий K_5 дополняется требованием целесообразного расположения деталей при пайке с замкнутыми спаями: снаружи помещают деталь с большим КТР. Критерий K_6 – требованием применимости СП2 для обоих паяемых материалов $M_к$ и $M_к^I$, а K_7 – условием, чтобы температура пайки для них одновременно находилась в температурно-временном интервале активности $M_{всп}$.

На всех этапах проектирования, кроме $\mathcal{Z}_9$, данные получают из сложных функциональных зависимостей между исходными факторами (способы пайки, режимы, материалы и конструкционные особенности паяных соединений и изделий, оснащение)и входными параметрами готового изделия, свойствами паяных соединений и изделий, представляемых в виде табличных, графических и других математических зависимостей. Математическая модель технологии аппроксимируется эмпирически установленными правилами (критериями), формулами, табличными зависимостями, обобщающими теоретико-экспериментальный и производственный опыт. При этом на отдельных этапах проектирования (например $\mathcal{Z}_9$, $\mathcal{Z}_{10}$) используются вероятностно-статистические математические модели, получаемые путем регрессионного анализа результатов экспериментов.

Наиболее высокий уровень автоматизации проектирования достигается при описании ТЦП при расчете температурных полей изделий в условиях выбранного способа нагрева ($\mathcal{Z}_{12}$). Числовое решение системы дифференциальных уравнений,адекватно описывающих процесс нагрева или охлаждения и термический режим пайки позволяет применить режим диалога технолога с ЭВМ с тем, чтобы наиболее эффективно решать технологические задачи с учетом организационно-технических ограничений, возникающих в условиях производства. Универсальный характер численных моделей обеспечивает возможность их широкого использования для оптимизации технологических решений и анализа устойчивости разрабатываемой технологии в производственных условиях в случаях отклонений реальных параметров процесса от оптимальных значений.

4.4. Разработка завершается оформлением следующей технологической документации:

допустимые температурные интервалы и скорости нагрева $V_н$ и охлаждения $V_{охл}$ $М_к$;

основы припоев $М_п''$, физико-химически совместимых с паяемым материалом $М_к$;

способы пайки по формированию паяных соединений (СП'), пригодные для пайки и получения припоя $М_м''$;

способы пайки по удалению окисной пленки, совместимые с паяемым материалом $М_к$, припоем $М_п''$, способами СПІ'', $\Delta t'_л$, $К_ф^{п.с.}$, $К_ф^{п.и.}$, $V_н$, $V_{охл}$;

составы и марки вспомогательных материалов, совместимые с $М_к$, $М_п''$, СП2', $\Delta t_л$, $V_н$, $V_{охл}$;

состав и марки припоев $М_п$ на основе $М_п''$, дополнительно легированных совместимыми добавками в соответствии с требуемыми условиями эксплуатации паяных соединений и изделий;

оптимизированные термические режимы пайки ($t_л$, $\tau_л$) и режимы давления на паяные детали $(РД)_п$, значения конструктивных факторов паяных соединений и изделий и допустимые интервалы нагрева $М_п''$ и $М'_{всп}$, по расходу материалов;

способы давления при пайке СП4', совместимые с оптимизированными ТРІ, ТРД, конструкционными факторами паяных соединений и изделий, а также свойствами при пайке $М_к$;

оптимальные способы нагрева при пайке СПЭ', совместимые с $М_к$, $К_ф^{п.с}$, $М_п'''$, $М_{всп}$, СП4', ТРІ' изделия;

термический цикл пайки изделия с заданными $М_к$ и $К_ф^{п.и}$;

материал оснастки $М'_{осн}$, совместимый с $М_к$, $М'_{всп}$, ТЦП и ТРД';

нагревательное оборудование Обд', совместимое с $М_к$, $М_п'''$, СПІ'', СП2', СПЭ', СП4', $М'_{всп}$, $М'_{осн}$, $К_ф^{п.и.}$, ТЦП;

средства механизации и автоматизации, совместимые с Обд', ТЦП, ТРІ', ТРД' для заданного типа производства.

4.5. Полученные при проектировании данные служат основой для оформления документации на техпроцесс изготовления контактных опытных изделий. Исследование качества последних в сочетании с технико-экономическим анализом позволяет оценить уровень разработки ТПР.

4.6. При неудовлетворительных результатах опытного опробования технологии следует оценить принятые классификационные признаки и систему количественных классификаций изделий, а также процедуры расчета, экспериментальные данные и внести соответствующие коррективы.

4.7. Непрерывное расширение номенклатуры паяных изделий и повышение требований к их качеству, обновлению оборудования оснастки влечет за собой постоянное расширение каталога технологий пайки и ТПР, совершенствование алгоритмов расчета режимов и циклов пайки, критериев отбора данных.

При учете факторов, влияющих на качество паяных изделий в производстве и при ремонте, учитывают соответственно качество исходных материалов, условия хранения готовых изделий, соблюдение технологической дисциплины и степень износа изделий при эксплуатации (перед ремонтом).

При отсутствии данных по совместимости $M_к$ с $M_п$ при оптимизации ($\mathcal{Z}_g$) используют стандартные методики испытаний на смачиваемость (ГОСТ 23204-78), затекание припоя в зазор (ГОСТ 20485-75), определения глубины химической эрозии (ГОСТ 21549-76), толщины прослоек химических соединений (ГОСТ 21548-76), температуры распайки (ГОСТ 21547-76), механических свойств паяных соединений при растяжении (ГОСТ 23047-78, ГОСТ 25200-82) и ударе (ГОСТ 23046-78).

При определении влияния на качество паяных соединений состава $M_п$, $M_{всп}$ и норм их расхода, особенностей конструкции соединений и изделий используют технологические образцы минимальных размеров, воспроизводящих $К_ф^{п.с}$ и $К_ф^{п.и}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ I (рекомендуемое)

Таблица 1

Критические температурные интервалы для некоторых цветных сплавов

Мк	$\Delta t_{кр}$, °С	Условия проявления в $\Delta t_к$	Причина
Медь	700–750	–	Рост зерна (собират. рекристаллизация) Снижение $\sigma_{0,2}$
Бескислородная медь	I025	0,8–I,2 мин	Ухудшение малоцикловой усталости
Бронза	775	–	Хрупкость, трещины
Броф 6–5	7I0	–	Резкое снижение механических свойств
Броф 6,5–0,I5	750	–	Вторичная рекристаллизация
Латунь	720–730	0,8–I,2 мин	Сильный рост зерна Резкое снижение $\sigma_{0,2}$
Мельхиор	800	–	–"–
Нейзильбер	II00	–	–"–
AI(99,99)	нет	нет	нет
АДI	–"–	–"–	–"–
АМЦ*	–"–	–"–	–"–
АМг2; АМг3; АМг4; АМг6**	–"–	–"–	–"–
Никелевые*** деформир. сплавы (термообработка)	I350–I380 II50–II50 I220–I250	– – –	Температура плавления Собират.рекристаллизация Перегор

Примечание: * – резкое снижение $\sigma_{0,2} > 150$°С; ** – $\sigma_{0,2} > 200$–250°С; *** – $\sigma_{0,2} > 800$–900°С.

Таблица 2

Температурный интервал плавления магниевых литейных сплавов

Марка сплава	Температура, °С	
	солидуса	ликвидуса
МЛ5	430	600
МЛ8	525	636
МЛ12	550	644
МЛ15	539	530

Таблица 3

Температурные интервалы превращения $\alpha - Ti \rightarrow \beta \rightarrow Ti$ и снижения $\sigma_{0,2}$ титановых сплавов (по данным Вульфа Б.К.)

Марка сплава	Температурный интервал превращения, °С	Температура резкого снижения $\sigma_{0,2}$, °С
ОТ4	920-1000	400-450
ОТ4-1	800-990	-"-
ВТ3-1	930-980	400-450
ВТ5	940-980	-"-
ВТ6	950-1000	-"-
ВТ8	970-1000	-"-
ВТ9	970-1000	-"-
ВТ14	920-960	450
ВТ15	750-800	400

Таблица 4

Критические интервалы температур никелевых сплавов (деформируемых)

Марка	t пл.°С	t рекр.,°С	t собират., °С рекр.	t перегога, °С	Температура резкого снижения, °С	$\sigma_{0,2}$ КГкг/мм^2	
						20°С	При температуре резкого снижения
ВЖ6*	I352-I375	I050	I039-II50	I250-I300	800-900	30-55	I0-I4
ЭП6**	I320-I379	I000-I379	II00	I220	900	65-70	40-45
ЭП3*****	солидус I320	I000	II00	I220	900	65-72	40-45

Примечание. Термообработка соответственно при I200*, II80**, I200°С*** на воздухе.

Таблица 5

Критические температурные области $\Delta t_{кр}$ °С нержавеющих сталей (по данным Химушина Ф.Ф.)

Марка, класс стали	$\Delta t_{кр}$		Условия проявления $\Delta t_{кр}$
	снижение коррозионной стойкости	снижение пластичности	
I	2	3	4
Ферритные			
I2XI7	> 950	>950	Длительный нагрев (часы)
I5X28; 08XI7T	Несклонны	⩾850	
Аустенитные			
08XI8HI0; 0XI8HII; XI8H9; I2XI8H9; 2XI3H4Г9; XI4ГI4H; XI7Г9AH4; XI7AГI4	450–750	Несклонны	–"–
00XI8HI0; 00XI7Г9AH4;			
0XI7H5Г9БА	450–750	–"–	>5–30 мин.
XI8H9; 3XI8H9	–"–	–"–	Нагрев 5 мин. При сварке плавлением
XI8H9T; XI8HI0T;	500–800	–"–	$Ti/C < 5,5$
0XI8HI0T; 0XI8HI2T; 0XI8HI2Б	–"–	–"–	$C/Ti < 7$
0XI7H5Г9Б	500–750	–"–	Только при очень длительном нагреве (часы)
XI4ГH3Г	Несклонны	–"–	
XI7HI3M3T	500–700	–"–	$C/Ti > 0,7$ и замедленное охлаждение при сварке
Аустенитные (стабилизированные)			
0XI8HI0T; XI8HI2T; 0XI8HI2T; IXI8HI2T;			Длительный нагрев
0XI8HI2Б; XI4ГI4H3Г	> I000	–"–	на воздухе
0X23I28M2T	650	–"–	Если $Ti/C > 7$,
0X23H28M3д3T	500–700	–"–	нагрев медленнее, чем при сварке плавлением

Продолжение табл.5

I	2	3	4
Аустенитно-ферритная			
0Х20Н14С2; 1Х21Н5Т	475	475	При замедленных режимах дуговой сварки
0Х20Н14С2	-"-	-"-	
Х20Н14С2	-"-	-"-	
1Х18Н9Т	1000		
Х23Н18	Несклонны	700-800	
Х25Н25ТР	-"-	-"-	
Х25Н20С2	-"-	-"-	
Х25Н1677АР	600-850	Несклонны	
Мартенситная			
класса 2Х13Н13М2ФА	Несклонны	-"-	-
0Х13; 1Х13	450-550	450-550	При низкотемпературном отпуске
2Х13; 3Х13; 4Х13	Несклонны	Несклонны	-
Х18; 1Х17Н2			
13Х12НВМФА	-"-	-"-	-
10Х12НВМФА	-"-	-"-	-
13Х14НВФРА	-"-	-"-	-
С карбидным упрочнением			
4Х14Н14В2М	-"-	-"-	-
4Х15Н7Г7Ф2МС	-"-	-"-	-
4Х12Н8Г8МФБ	-"-	-"-	-
Х12Н20Т3Р	-"-	-"-	-
Х12Н22Т3МР	-"-	-"-	-
С интерметаллидным упрочнением			
ХН35ВТЮ	-"-	-"-	-
ХН35ВМТР			
ХН35ВТ; ХН35ВФ	-"-	-"-	-
Нержавеющая сталь переходного класса			
Х15Н9Ю (СН2)	-"-	-"-	-
Х17Н5М3 (СН3)	-"-	-"-	-
Х17Н7Ю	-"-	-"-	-
Мартенситоферритная			
14Х17Н2	-"-	-"-	-

Фактическая и прогнозируемая

конструкционных материалов $M_к$

Основа паяемого сплава или марка $M_к$	ПРИПО							
	Ga	*Bi-пр*	*Sn-пр*	*Sn-Pb*	*Sn-Zn*	*Pb-пр*	*Cd-пр*	*Zn-*
	($C_{6,4}$)	($C_{6,3}$)	C_6	(C_6)	(C_6)	C_6	C	H_7
М-сплавы	($C_{5,3}$)	($C_{5,3}$)	($H_{5,3}$)	$H_{5,3}$	$H_{5,3}$	$H_{5,3}$	C_{10}	C_5
$АД_1$	$C_{6,4}$	C_8	$H_{8,6}$	$C_{8,6}$	C_8	C_8	($C_{1,2,4}$)	C
$АМ_Ц$	$C_{6,4}$	C_8	$C_{8,6}$	$C_{8,6}$	C_8	C_8	($C_{1,2,4}$)	C
АМГ2	($C_{6,4}$)	(C_8)	C_8	C_8	C_8	C_8	($C_{1,2,4}$)	C
АМГ6	($C_{4,6}$)	(C_8)	(C_8)	(C_8)	(C_8)	(C_8)	($C_{2,4}$)	C
АВ	($C_{4,6}$)	(C_8)	($C_{8,6}$)	($C_{8,6}$)	(C_8)	(C_8)	($C_{2,4}$)	C
Д20	($C_{4,6}$)	(C_8)	($C_{8,6}$)	($C_{8,6}$)	(C_8)	(C_8)	($C_{2,4}$)	(C
А	(C_5)	(C_3)	($C_{5,3}$)	(C_{35})	($C_{5,3}$)	(C_{35})	($C_{2,5}$)	(C
А	(C_5)	($C_{5,3}$)	$C_{5,3}$	$C_{5,3}$	($C_{5,3}$)	(C_5)	(C_5)	(C
М1	C_5	(C_6)	C_5	C_5	$C_{5,3}$	$C_{2,6}$	C_5	C_5
Латунь Л63	(C_5)	(C_6)	C_5	C	(C)	C_2	$C_{5,3}$	(C
Бронза	(C_5)	(C_6)	C_5	C	(C)	C_2	$C_{5,3}$	(C
ВТ1	(C_5)	(C_5)	C_5	(C_5)	(C_5)	(C_5)	(C_5)	(C
ОТ4	(C_5)	(C_5)	C_5	(C_5)	(C_5)	(C_5)	(C_5)	(C
ВТ14	(C_5)	(C_5)	C_5	(C_5)	(C_5)	(C_5)	($C_{5,3}$)	(C
08КП	(C)	(C_5)	C_5	(C_{56})	(C_5)	($C_{1,6}$)	(C_2)	(H
Ст.10	(C)	($C_{1,2,6}$)	($C_{2,6}$)	($C_{5,6}$)	(C_5)	($C_{1,6}$)	(C_2)	(
Ст.45	(C)	($C_{1,2,6}$)	($C_{2,6}$)	($C_{5,6}$)	(C_5)	($C_{1,6}$)	(C_2)	(H
1Х18Н10Т	(C)	($C_{1,2,6}$)	($C_{2,6}$)	($C_{5,6}$)	(C_5)	(C_{16})	(C_2)	(H
Х13	(C)	($C_{1,2,6}$)	($C_{2,6}$)	$C_{5,6}$	(C_5)	($C_{1,6}$)	$C_{1,2}$	H
ЖС6КП	(C_5)	$C_{5,3}$	(C_5)	(C_5)	(C_5)	($C_{1,2}$)	(C_5)	(C

Примечание: С– совместимы; С – условно совместимы с учетом: 1– ад
3 – общая химическая эрозия; 4– межзеренная химическа
те с жидким припоем; 7 – температура плавления и пр
требует проверки; 9 – пониженная коррозионная стойкос

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица (рекомендуемое)

я (в скобках) физико-химическая совместимость

$M_к$ с основой готовых припоев при капиллярной пайке

О И															
-пр	Mg-пр	Ni-Cu	Ni-Si	Ag-пр	Au-пр	Cu	Cu-P	Cu-Zn	Cu-Sn	Cu-Ni-Mn	Mn-пр	Ni-пр	Ti-пр	Fe-Mn-Ц	
H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
C_5	C	$H_{7,5}$	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
C	H_5	C_9	C	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
C	H_5	C_9	C	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
C	H_5	C_9	C	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
C	H_5	C_9	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
C	H_5	(H_7)	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
(C)	H_5	(C_4)	H7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
(C_{35})	(H_5^2)	H_5	H_5	H_5	(C)	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
(C_5)	(H_5)	(C_5)	(C_5)	C	C	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
C_5	H_{53}	H_5	H_5	C	C	H_7	C	C	C	(C_3)	H_7	H_7	H_7	H_7	
(C_3)	H_5	H_5	H_5	C	(C)	H_7	C	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
(C_3)	H_5	H_5	H_5	C	(C)	H_7	C	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7	
(C_3)	(C)	C	C	C	C_5	(C_5)	C_5	(C_5)	(C_5)	-	H_7	(C_5)	C	(H_7)	
(C_3)	(C)	C	C	C_5	(C_5)	C_5	(C_5)	(C_5)	(C_5)	-	H_7	(C_5)	C	H_7	
(C_5)	(C)	(C)	(C)	(C_5)	(C_{33})	C_5	(C_5)	(C_5)	(C_5)	-	H_7	(C_5)	C	H_7	
(H_5)	(C_2)	C_5	C_5	C_2	(C)	C	H_5	$C_{4,6}$	(C_6)	C	(C)	(C)	$H_{7,5}$	C	
(H_5)	(C_2)	C_5	C_5	C_2	(C)	C	H_5	$C_{4,6}$	(C_6)	C	(C)	(C)	$H_{7,5}$	C	
(H_5)	(C_2)	C_5	C_5	$C_{4,2}$	(C)	C	H_5	$C_{4,6}$	(C_6)	C	(C)	(C)	$H_{7,5}$	C	
(H_5)	(C_2)	C_5	C_5	$C_{9,6}$	(C)	(C)	H_5	$C_{4,6}$	C_6	C	$C_{3,9}$	C	H_5	(C)	
H_5	H_5	C_5	C_5	$C_{8,9}$	(C)	C	H_5	$C_{4,6}$	C_6	C	$C_{3,9}$	C	H_5	(C)	
(C_5)	H_5	-	($C_{1,2}$)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C_6)	(C)	(C)	(C)	H_5	(C)	

адгезионная смачиваемость; 2 – плохое смачивание, затекание в зазор;
кая эрозия; 5– прослойки химических соединений; 6 – охрупчивание в контак-
ки выше солидуса $M_к$; 8 – щелевая коррозия п.с. ( ) – предположительно,
ость, охрупчивание при хранении в результате упорядочения твердого раствора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример проектирования температурных интервалов нагрева и основ припоев, совместимых с $M_к$

Пример решения задачи на этапах $Z_1 - Z_3$.

Представлен алгоритм (рис.3), по которому просматривается два массива данных: температурные интервалы допустимого нагрева основ паяемого материала $M_к$ с заданными верхним и нижним пределами нагрева и данные по физико-химической совместимости выбранных основ припоев с основой паяемого материала.

Исходные данные:

TM(8) – температура плавления материала (табл.I);

TP(I2) – верхняя температурная граница плавления припоев (табл.2);

(8, I2) – матрица соответствий CHAR.

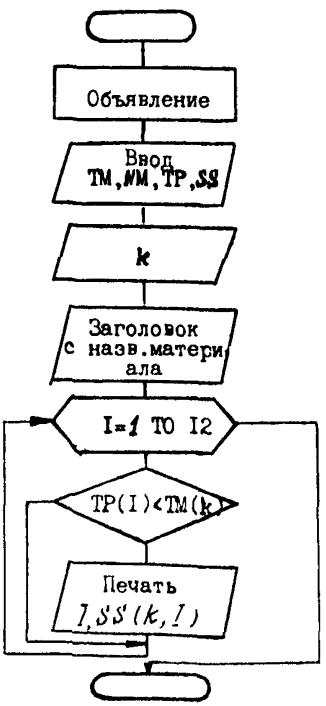


Рис.3 Алгоритм проектирования на этапах $Z_1 - Z_3$

Таблица I

Допустимый верхний предел нагрева $M_к$

ТМ		ТМ	
I.	660	5.	540
2.	659	6.	580
3.	I00	7.	550
4.	620	8.	I025

Таблица 2

Температура конца плавления $M_п$

ТР		ТР		ТР	
I.	29	6.	350	II.	680
2.	I40	7.	500	I2.	850
3.	I8I	8.	620		
4.	270	9.	380		
5.	380	I0.	625		

Основа паяемого материала (по вертикали) – к табл.3 п.2

I – *Zn*
2 – *Mg*
3 – *Al*
4 – *Ag*
5 – *Au*
6 – Бронза
7 – *Cu*
8 – Латунь
9 – *Ti*
I0 – *Fe* – с (сталь)
II – *Fe* – с – *Cr* (легированная сталь)
I2 – *Fe* – с – *Cr* – *Ni* (хромоникелевая сталь)

Основы припоя

I. *Ga*
2. *Bi*
3. *Sn*
4. *Sn - Pb*
5. *Sn - Zn*
6. *Pb*
7. *Cd*
8. *Zn*
9. *Mg*
10. *Al - Si - Cu*
11. *Al - Si*
12. *Ag*
13. *Ag - Mn*
14. *Au*
15. *Cu*
16. *Cu - P*
17. *Cu - Zn - Si*
18. *Cu - Zn*
19. *Cu - Ni - Mn*
20. *Mn - Ni*
21. *Ni*
22. *Ti*
23. *Fe - Mn*
24. *Cu - Sn*

Таблица 3

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
I	$C_{4,6}$	$C_{3,6}$	C_6	C_6	C_6	C_6	C	H_7	H_7	H_7	H_7	H_7
2	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$H_{3,5}$	$H_{3,5}$	$H_{3,5}$	$H_{3,5}$	C_{I0}	C_5	C_5	$H_{5,7}$	$H_{5,7}$	H_7
3	$C_{4,6}$	C_8	$C_{6,8}$	$C_{6,8}$	C_8	C_8	$C_{I,2}$	C_3	C_3	$C_{4,9}$	C	H_7
4	C_5	C_8	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	H_5	H_5	C
5	C_5	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	$C_{3,5}$	C_5	C_5	C_5	C_5	C_5	C
6	$C_{3,5}$	C_6	$C_{3,5,6}$	$C_{5,6}$	$C_{3,5,6}$	$C_{2,6}$	$C_{2,3,5}$	$C_{2,6}$	$C_{2,6}$	H_5	H_5	$C_{3,6}$
7	$C_{3,5}$	C_6	$C_{3,5,6}$	$C_{5,6}$	$C_{3,5,6}$	$C_{2,6}$	$C_{2,3,5,6}$	$C_{2,6}$	$C_{2,6}$	H_5	H_5	$C_{3,6}$
8	$C_{3,5}$	C_6	$C_{3,5,6}$	$C_{5,6}$	$C_{3,5,6}$	$C_{2,6}$	$C_{2,3,5}$	$C_{2,6}$	$C_{2,6}$	H_5	H_5	$C_{3,6}$

В табл.3 приняты следующие сокращения: С – совместимы; Н – несовместимы; CN – условно совместимы, где N :

I. Адгезионная смачиваемость.
2. Плохое растекание и затекание в зазор.
3. Общая химическая эрозия.
4. Межзеренная химическая эрозия.
5. Прослойки химических соединений.

6. Охрупчивание в контакте с жидким припоем.

7. Температура плавления или пайки выше солидуса основного материала.

8. Щелевая коррозия.

9. Пониженная коррозионная стойкость паяного соединения.

10. Охрупчивание шва при хранении вследствие упрочнения твердого раствора.

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

$К$ – конструкция изделия;

$К^{из.}_{ф}$ – конструкционные факторы паяного изделия;

$Г$ – габаритные размеры изделия;

$М$ – масштабный фактор изделия;

$К^{пс.}_{ф}$ – конструкционные факторы паяного соединения;

ПС – паяное соединение;

ЗП – зазор паяльный;

ФЗ – фиксированный зазор;

$Н_{х}$ – нахлестка;

$Ш_{х}$ – шероховатость паяемого металла;

$М_{к}$ – конструкционный (паяемый) материал;

$М_{т}$ – технологический материал;

$М_{всп}$ – вспомогательный материал;

$М_{п}$ – припой;

$М_{ф}$ – флюс;

$М_{аг}$ – активная газовая среда;

$М_{иг}$ – инертная газовая среда;

$М_{в}$ – вакуум;

$Т$ – технология, оснащенная техникой;

ТПП – технологический процесс пайки;

ГМ – графическая модель;

ТПР – типовое технологическое проектное решение;

ГТП – групповая технология пайки;

СП1 – способы пайки по формированию паяного шва;

СП2 – способы пайки по удалению окисной пленки;

СП3 – способы пайки по источнику нагрева;

СП4 – способы пайки по давлению на соединяемые детали;

ТРП – температурный режим пайки;

РД – режим давления при пайке;

$t_{п}$ – температуре пайки;

$\tau_{п}$ – выдержка при температуре пайки;

$\tau_{н}$ – время нагрева до температуры пайки;

$\tau_{охл}$ – время охлаждения после температуры пайки;

$\Delta t_{кр}$ – температурный интервал кристаллизации;

Э – эксплуатационные характеристики изделия;

$Э_н$ – экономика производства;
ОЦ – управление в производстве;
ООС – охрана окружающей среды;
ТЦП – термический цикл пайки;
$М_ш$ – масштабный фактор;
$М_с$ – масса изделий;
$М_к^{сол}$ – солидус конструкционного материала;
$\Delta t_{кр}^{мк}$ – интервал критических температур для $М_к$;
ОСН – оснастка;
$М_{осн}$ – материал оснастки;
Авт – автоматизация;
Мех – механизация;
Роб – роботизация.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

РАЗРАБОТАНЫ Государственным комитетом по народному образованию СССР

ИСПОЛНИТЕЛИ: д.т.н.С.В.Лашко (руководитель темы); к.т.н.О.И.Куманин; И.Г.Нагапетян; Т.В.Воронина; к.т.н.П.А. Шалаев.

УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Приказом ВНИИНМАШ № 73 от 22 марта 1988 г.

ССЫЛОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения
ГОСТ 17349-79	2.9, 3.2
ГОСТ 19250-73	3.2
ГОСТ 19248-73	3.2
ГОСТ 19249-73	3.2
ГОСТ 23204-78	5.7
ГОСТ 20485-75	5.7
ГОСТ 21549-76	5.7
ГОСТ 21548-76	5.7
ГОСТ 21547-76	5.7
ГОСТ 23047-78	5.7
ГОСТ 25200-82	5.7
ГОСТ 23046-78	5.7

Литература

1. Проектирование технологии пайки металлических изделий: Справочник/Сост.С.В.Лашко, Н.Ф.Лашко, Нагапетян И.Г. и др. – М.: Металлургия, 1983. – С.279.

2. Лашко Н.Ф., Лашко С.В. Пайка металлов. – М.: Машиностроение, 1977. – С.326.

3. Лашко С.В. Разработка графической модели для автоматизированного проектирования технологии пайки изделий. – Справочное производство, 1984, № 3. – С.11-13.

4. Лашко С.В., Лашко Н.Ф., Пайка металлов – М.: Машиностроение, 1988. – С.380.

5. Налимов В.В., Чернов Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – С.184.

6. Аулер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – С.278.

7. Новик Ф.С. Планирование экспериментов в металловедении. – М.: Машиностроение, 1974. – С.262.

Содержание

Стр.

I. Общие положения 3

2. Рекомендации по разработке типовых проектных решений технологии пайки 5

3. Графическая модель проектирования технологии пайки 7

4. Описание входной информации X_N и таблиц T_m 12

Приложения I8

Условные сокращения 27

Информационные данные 29

Литература 30

САПР. Автоматизация проектирования технологии пайки изделий

Рекомендации

Р 50-54-48-88

Редактор Волкова А.И.
Мл.редактор Еремеева Т.В.

ВНИИНМАШ Госстандарта СССР

Ротапринт ВНИИНМАШ 123007 Москва Д-7, Шеногина, 4
Тираж 300 экз. Объем 1,6 уч.-изд.л. Заказ № 3513-88-I
Цена 50 к.

gost.e-ecolog.ru