

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ
ЖУРНАЛ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ ВАК РФ ИЗДАНИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИЙ ТРУДОВ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

5 2010
(118)

СОДЕРЖАНИЕ

Экология и безопасность сборочных работ

Штенников В.Н. Бессвинцовые технологии в электронном машиностроении 3

Сборочное оборудование и его элементы

Дроботов А.В., Кристаль М.Г. Динамика перемещения планшайбы переналаживаемого поворотного стола со струйным приводом 8

Крылов Е. Г., Плотников А.Л., Ханов Г.В., Дудкин Е. В., Великая А.О. Автоматизированный комплекс для оценки качества твердосплавных режущих пластин, комплектуемых в сборные многолезвийные инструменты 12

Шишкарев М.П. Повышение нагрузочной способности и точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт 18

Житников Ю.З., Житников Б.Ю. Определение предельных режимов срабатывания схвата робота-манипулятора 25

Современные технологии сборки

Макушин А.А. Особенности сборки автомобилей и узлов 30

Прилуцкий В.А. Повышение точности сборки подвижных цилиндрических соединений 39

Информация

Иванов А.Н. Упаковка/Упак Италия – 2010 44

Председатель редакционного совета
Ф.М. МИТЕНКОВ, *академик РАН*

Редакционный совет

МОСКВА	Ю.Г. КОЗЫРЕВ
А.С. ВАСИЛЬЕВ	А.И. КУМЕНКО
(главный редактор)	А.В. МЕДАРЬ
А.А. ГУСЕВ	Е.А. МИКРИН
М.В. ВАРТАНОВ	Ю.Ф. НАЗАРОВ
А.М. ДАЛЬСКИЙ	В.В. ПОРОШИН
И.Н. ЖЕСТКОВА	Б.В. ШАНДРОВ
(зам. главного редактора)	А.А. ШАТИЛОВ
И.Н. ЗИНИНА	А.Г. ХОЛОДКОВА
Ю.Л. ИВАНОВ	Г.А. ЯРКОВ

Региональные редсоветы

БЕЛГОРОД	ОРЕНБУРГ
Н.А. ПЕЛИПЕНКО	А.Н. ПОЛЯКОВ
БРЯНСК	А.И. СЕРДЮК
О.А. ГОРЛЕНКО	А.П. ФОТ
ВЛАДИВОСТОК	РЫБИНСК
Ю.Н. КУЛЬЧИН	В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ
А.А. СУПОНЯ	В.В. НЕПОМИЛУЕВ
В.М. КОРНИЕНКО	А.Н. СЕМЕНОВ
ВОЛГОГРАД	САМАРА
В.Г. КАРАБАНЬ	М.А. ЕВДОКИМОВ
М.Г. КРИСТАЛЬ	Ю.А. ВАШУКОВ
В.И. ЛЫСАК	Г.А. КУЛАКОВ
В.М. ТРУХАНОВ	В.А. НИКОЛАЕВ
ИЖЕВСК	САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
И.В. АБРАМОВ	В.Ф. КУЗЬМИН
Б.А. ЯКИМОВИЧ	Е.В. ШАЛОБАЕВ
В.Г. ОСЕТРОВ	ТОЛЬЯТТИ
И.К. ПИЧУГИН	А.И. РЫЖКОВ
КАЗАНЬ	Б.Ф. ХАЗОВ
Р.И. АДГАМОВ	ТУЛА
КОВРОВ	В.В. ПРЕЙС
Ю.З. ЖИТНИКОВ	ХАБАРОВСК
КОЛОМНА	В.А. ЛАШКО
Ю.Д. АМИРОВ	Украина
КОМСОМОЛЬСКО-ЛАМУРЕ	КИЕВ
Б.Н. МАРЬИН	А.С. ЗЕНКИН
В.И. ШПОРТ	В.А. МАТВИЕНКО
А.М. ШПИЛЕВ	ДОНЕЦК
НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ	А.Н. МИХАЙЛОВ
С.В. ДМИТРИЕВ	СЕВАСТОПОЛЬ
Р.М. ХИСАМУТДИНОВ	Е.Л. ПЕРВУХИНА
НИЖНИЙ НОВГОРОД	Беларусь
С.В. ГОЛУБЕВ	МИНСК
ОМСК	В.Л. БАСИНЮК
В.Н. КОСТЮКОВ	ГОМЕЛЬ
ОРЕЛ	В.Е. СТАРЖИНСКИЙ
Ю.С. СТЕПАНОВ	ПОЛОЦК
Г.А. ХАРЛАМОВ	М.Л. ХЕЙФЕЦ

Ответственные за подготовку и выпуск номера:

Н.М. КУЦ-ЖАРКО, Л.Д. ПАРШЕНКОВА

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогу "Роспечать" – 79748, Объединенному каталогу "Пресса России" – 84967, каталогу "Почта России" – 60257) или непосредственно в издательстве
Тел.: (499) 268-38-42; тел./факс: 268-85-26. Факс: (499) 269-48-97.
E-mail: sborka@mashin.ru; tsmm@mashin.ru
Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "Сборка в машиностроении, приборостроении", допускаются только с разрешения редакции и со ссылкой на источник информации.
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1747 от 25 февраля 2000 г.

THE MONTHLY
NEWSMAGAZINE
FOR SCIENTISTS
AND MANUFACTURERS

ASSEMBLING



IN MECHANICAL ENGINEERING AND INSTRUMENT-MAKING

THE MAGAZINE IS PUBLISHED UNDER THE PATRONAGE OF INTERNATIONAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERS
THE JOURNAL IS AMONG THOSE APPROVED BY AAC RF FOR DISSERTATION PUBLICATION

5 2010
(118)

CONTENTS

Ecology and safety in assembly

Shtennikov V.N. Free technologies from lead in electronic mechanical engineering 3

Production Tools and Machinery for Assembly

Drobotov A.V., Kristal M.G. Moving dynamic chыck plate of realigned jet index base 8

Krylov E.G., Plotnikov A.L., Hanov G.B., Dudkin E.V., Velikaya A.O. Automated system for quality estimation of cutting plates from a firm alloy assembled in multiedged tools 12

Shishkarev M.P. Heightening of load-carrying capacity and exactitude of wear of adaptive friction couplings 18

Zhitnikov Y.Z., Zhitnikov B.Y. Definition of limiting working modes of the manipulation robot gripper 25

Modern technologies in assembly

Makushin A.A. Features of assembling cars and units 30

Prilutsky V.A. Increasing the accuracy on assembly of mobile cylindrical connections 39

Information

Ivanov A.N. Packing Italy – 2010 44

Journal is distributed on subscription, which can be issued in any post office (index on the catalogue of the "Rospechat" agency – 79748, the union catalogue "Pressa Rossii" – 84967, the catalogue "Pochta Rossii" – 60257) or directly in editorial of the journal.
Ph.: (499) 268-38-42; ph./fax: 268-85-26. Fax: (499) 269-48-97.
http://www.mashin.ru E-mail: sborka@mashin.ru; tsmm@mashin.ru
Labor Red Banner Order Public Corporation "Publishing House "Mashine Building" 107076, Moscow, Stromynsky per. 4
The reference to the Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making Journal during reprint of the materials is mandatory.
Advertisers are responsible for the content of their advertisements.

Chair of Editorial Advisory Board –
Member of Russian Academy of Science
F.M. MITENKOV

Editors

MOSCOW

VASIL'EV A.S.
(Chief editor)
VARTANOV M.V.
DALSKY A.M.
GUSEV A.A.
ZHESTKOVA I.N.
(Deputy chief editor)
ZININA I.N.
IVANOV YU.L.
KOZYREV YU.G.

KUMENKO A.I.
MEDAR' A.V.
MIKRIN E.A.
NAZAROV Yu.F.
POROSHIN V.V.
SHANDROV B.V.
SHATILOV A.A.
KHOLODKOVA A.G.
YARKOV G.A.

Regional editors

BELGOROD

PELIPENKO N.A.

BRIANSK

GORLENKO O.A.

VLADIVOSTOK

KULSHIN Yu.N.
SUPONIA A.A.
KORNIENKO V.M.

VOLGOGRAD

KRISTAL M.G.
KARABAN' V.G.
LYSAK V.I.
TRUKHANOV V.M.

IZNEVSK

ABRAMOV I.V.
YAKIMOVICH B.A.
OSETROV V.G.
PITCHUGIN I.K.

KAZAN

ADGAMOV R.I.

KOVROV

ZHITNIKOV Yu.Z.

KOLOMNA

AMIROV Yu.D.

KOMSOVOLSK-ON-AMUR

MARJIN B.N.
SCHPORT V.I.
SHPILEV A.M.

NABEREZHNYE CHELNY

DMITRIEV S.V.
KHISAMUTDINOV R.M.

NIZHNY NOVGOROD

GOLUBEV S.V.

OMSK

KOSTIUKOV V.N.

OREL

STEPANOV Yu.S.
KHARLAMOV G.A.

ORENBURG

POLYAKOV A.N.
SERDUK A.I.
FOT A.P.

RYBINSK

BEZIAZYSHNY V.F.
NEPOMILUEV V.V.
SEMENOV A.N.

SAMARA

EVDOKIMOV M.A.
VASHUKOV Yu.A.
KULAKOV G.A.
NIKOLAEV V.A.

ST.-PETERSBURG

KUZMIN V.F.
SHALOBAEV E.V.

TULA

PREYS V.V.

TOLIATI

KHAZOV B.F.
RYZHKOV A.I.

KHABAROVSK

LASHKO V.A.

Ukraine

KIEV

ZENKIN A.S.
MATVIENKO V.A.

DONETSK

MIKHAILOV A.N.
SEVASTOPOL

PERVUKHINA E.L.

Belarus

MINSK

BASINJUK V.L.

GOMEL

STARZHINSKI V.E.

POLOTSK

KHEIFETZ M.L.

Executive editors of current issue:
KUSH-ZHARKO N.M., PARSHENKOVA L.D.

The journal is registered by RF Ministry of Press, Tele- and Broadcasting and Mass Communications Media.
Registration certificate ПИ № 77-1747,
February 25, 2000 Free price

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

УДК 001.894/ 001.895

В.Н. Штенников, канд. техн. наук (ФГУП УЭМЗ, г. Екатеринбург)
E-mail: shtennikov@uemz.ru

Бессвинцовые технологии в электронном машиностроении

Директива Совета Европы по экологической безопасности RoHS (Restriction of use of Certain Hazardous Substances) стала причиной многих проблем для предприятий, занимающихся пайкой печатных плат.

Отечественные предприятия и организации вынуждены активизировать работу по ликвидации негативных последствий внедрения бессвинцовых технологий.

The instruction of the Council of Europe on ecological safety Restriction of use of Certain Hazardous Substances (RoHS) became the reason of many problems for the firms which are engaged in the soldering of printed-circuit boards.

To the domestic enterprises and the organisations are compelled to make active works on liquidation of negative consequences of introduction free technologies from lead.

Ключевые слова: прибор, бессвинцовая технология, пайка, компонент, припой, печатная плата.

Key words: the device, free technology from lead, soldering, a component, solder, the printed-circuit board.

Директива Совета Европы по экологической безопасности RoHS, с одной стороны, не распространяется на приборы оборонного и космического назначения [1], а с другой, — как правило, каждое предприятие, выпускающее такие приборы, производит и изделия гражданского назначения. В связи с этим встает вопрос об унификации технологий, так как в противном случае возможно перепутывание исходных комплектующих, материалов или технологий с непредсказуемыми последствиями [2].

Необходимо также понимать, что в настоящее время отсутствует вся необходимая отечественная элементная база, отвечающая требованиям технологии поверхностного монтажа.

Это, в свою очередь, приводит к необходимости, не отказываясь от использования апробированных припоев типа ПОС61, ПОС63 и паяльных паст на их основе, применять электронные компоненты с бессвинцовым покрытием выводов. Кроме того, многие российские предприятия экспортируют свою продукцию.

Федеральная целевая программа "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники", утвержденная 26.11.2007 г. постановлением Правительства РФ № 807, рассчитана на 2008—2015 годы. Таким образом, в обозримом будущем отечественные предприятия будут полностью зависеть от поставок импортных электронных компонентов.

Следовательно, налицо актуальность анализа ситуации, возникшей после вступления в силу упомянутой Директивы RoHS:

— оценка возможности обеспечения достаточного качества приборов гражданского назначения, производимых по бессвинцовой технологии, при сохранении или снижении издержек производства;

— прогнозирование последствий использования смешанной технологии (применение импортных компонентов с бессвинцовым покрытием и одновременно апробированных припоев, содержащих свинец) для производства приборов оборонного и космического назначения;

— оценка ближайших перспектив использования бессвинцовой и смешанной технологий в приборах оборонного и космического назначения с целью унификации технологий и повышения их надежности.

К сожалению, публикуемые на эту тему материалы мало обнадеживают. Так, по данным [3] основная причина применения свинца —



отсутствие надежных данных, подтверждающих возможность изготовления качественной военной и космической техники при использовании только бессвинцовых материалов.

Основные последствия введения бессвинцовых припоев по данным [4] следующие.

Температура плавления и, следовательно, температура пайки для бессвинцовых припоев, как правило, выше, чем у ПОС61 (ПОС63) примерно на 30...40 °С. Последнее обстоятельство предполагает большую термостойкость электронных компонентов, печатных плат, сохранение активности флюса при более высоких температурах, а также работоспособности оборудования.

Бессвинцовые припои имеют худшие механические и химические характеристики по сравнению с содержащими свинец. Это предъявляет повышенные требования к влагосодержанию монтируемых материалов и компонентов и, следовательно, к герметичности упаковки до монтажа, предполагает введение операции сушки.

Критерии оценки качества паяных соединений претерпевают изменения, что должно отразиться на обучении персонала. Внедрение бессвинцовых припоев повлечет повышение цен на комплектующие. Стоимость припоя растет уже потому, что свинец – один из наиболее дешевых металлов, используемых для низкотемпературной пайки. Повышение температуры пайки предопределяет увеличение энергопотребления.

В работе [5] приведены следующие данные, связанные с применением бессвинцовых технологий.

Бессвинцовые соединения характеризуются более низкой ударопрочностью, оловянными дендритами, ускоренной кристаллизацией за счет повышения температуры пайки, повышенным образованием пустот в паяном соединении, эрозией меди. Тестовые испытания пайкой волной припоя показали, что при одинаковой температуре и времени воздействия в бессвинцовых соединениях пустот гораздо больше, чем в содержащих свинец припоях.

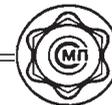
Кроме того, бессвинцовые припои с высоким содержанием олова способны частично или полностью растворять медь с окантовки металлизированных отверстий при пайке волной припоя, которая происходит в течение 4...7 с.

По данным работы [6] при использовании бессвинцовых технологий снижается ремонтно-пригодность изделий, а также возникает ряд дефектов:

- повышается гидротермическое расширение, что ведет к образованию трещин в корпусах компонентов во время пайки;
- наблюдаются повышенное коробление компонентов и печатной платы и их расслоение при монтаже и ремонте;
- соединение между компонентом и финишным покрытием печатной платы менее надежное;
- качество соединения между выводом и контактными площадками печатной платы непредсказуемо;
- повышена опасность образования интерметаллидов из-за более высокой температуры оплавления, большего содержания олова в припое, отсутствия свинца, сдерживающего их рост;
- образование оловянных "усов";
- меньшая долговечность паяных соединений.

Необходимо отметить негативные последствия от использования бессвинцовых припоев и в случае применения ручной контактной пайки: разбрызгивание флюса; недостаточное смачивание соединяемых поверхностей; повышенная эрозия паяльного стержня, обусловленная как более высокой температурой пайки, так и большим содержанием олова в припое; большая опасность перегрева электронных компонентов; образование "пиков" или "флажков" припоя в паяном соединении [7–9].

Использование висмута в бессвинцовых припоях снижает температуру его плавления, а следовательно, и температуру пайки. Стоимость припоя не увеличивается. Однако спла-



вы на основе висмута обладают чрезмерной хрупкостью, недостаточной прочностью на отрыв из-за низкой усталостной прочности, более низкой рабочей температурой эксплуатации прибора. То же самое можно сказать о припоях на основе индия, который, кроме того, значительно дороже висмута [10].

Хорошими свойствами обладает эвтектический сплав Sn96Ag4 с температурой плавления 221 °С. При термоциклировании он показывает даже лучшую надежность по сравнению с припоем SnPb. Припой многие годы успешно использовали в изделиях специального назначения. Основным недостаток — большая температура пайки, достигающая 260 °С. Эвтектический сплав Sn95,5Ag3,8Cu0,7 (SAC4) с температурой плавления 217 °С имеет лучшую смачиваемость и прочность паяных соединений, чем Sn96Ag4 [10].

Полное отсутствие свинца и увеличение олова примерно на 50 % существенно повышают поверхностное натяжение бессвинцового сплава. Если для Sn60Pb40 оно составляет 481 мН/м, то для SAC4 — 548 мН/м. Это исключает действие механизма самовыравнивания компонента относительно контактных площадок при оплавлении паяльной пасты, что, в свою очередь, увеличивает потребность в более точном, а значит, и более дорогом оборудовании для установки компонентов. Время смачивания сплава SnPbAg при температуре 245 °С составляет 8 мс, при 260 °С — 7 мс, припой SAC4 — соответственно 460 и 10 мс. Поэтому необходимы более мощные печи, более длительный нагрев, воздействие более высокой температуры на печатные платы и компоненты. При этом необходимо помнить, что верхним пределом для большинства электронных компонентов является температура 250 °С [10].

Таким образом, для оплавления бессвинцовых паст требуются печи с существенно меньшей погрешностью поддержания температуры теплоносителя. Для исключения чрезмерного окисления пайку бессвинцовыми припоями рекомендуется осуществлять в азотной среде.

Использование бессвинцовых материалов отражается и на технологии контроля качества паяных соединений. Исходные причины и последствия следующие [11]:

- повышение вязкости паяльных паст приводит к увеличению вероятности засорения отверстий в трафарете;
- ухудшение условий для формирования столбиков паяльной пасты ведет к необходимости контроля не только заполнения отверстий трафаретов, но и всего столбика паяльной пасты;
- возрастает трудоемкость устранения технологических дефектов;
- увеличивается вероятность повреждения печатного узла при ремонте;
- под воздействием более высокой температуры пайки разрушаются переходные металлизированные отверстия;
- по границе раздела вывод—галтель припоя образуются микротрещины, кроме того, в этом месте для выводов типа "крыло чайки" характерны пустоты.

Все перечисленные дефекты, как правило, не обнаруживаются при простом визуальном контроле, являются скрытыми и недопустимы для продукции ответственного назначения.

Однако на ряде предприятий начинают применять смешанную технологию, при которой наряду с пастами на основе SnPb или SnPbAg используют электронные компоненты и печатные платы, свободные от свинца.

В работе [12] сообщается, что пайка бессвинцовыми припоями компонентов с покрытием SnPb приводит к образованию пустот в паяных соединениях. Кроме того, возникают области, в лучшем случае содержащие эвтектический сплав SnAgPb с температурой плавления 179 °С вместо 221 °С, в худшем — эвтектический сплав SnPbBi с температурой плавления 96 °С. Области с пониженной температурой плавления проявляются менее чем через 400 температурных циклов. Образцы припоев SnAg4Cu0,5 с примесью свинца 0,5–1 % выдерживают 3252 (1 % Pb) или 6320 (0,5 % Pb) тем-



пературных циклов вместо 13 400 для чистого сплава.

Пайка бессвинцовыми припоями покрытий, содержащих свинец, уменьшает надежность паяных соединений, что выявлено при пайке, например, BGA-корпусов. Пайка оловянно-свинцовых шариковых выводов пастой без свинца, например SnAgCu, приводит к снижению качества паяных соединений по сравнению с полностью свинцовой или бессвинцовой технологией. Кроме ранее перечисленных недостатков в работе [2] указано на реальную возможность образования сплава с температурой плавления 220 °С при использовании покрытия типа SnBi с температурой плавления 139 °С и припоя SnPb [12].

Уже около 50 лет известен эффект роста оловянных "усов" в случае применения бессвинцовых припоев. По данным работы [13] эту проблему стали усиленно изучать в течение последних 10 лет именно в связи с использованием бессвинцовых технологий. Оловянные "усы" – это монокристаллы, достигающие нескольких миллиметров в длину и от 1 до 10 мкм в сечении. Инкубационные период и скорость роста зависят от вида нанесения олова, основного материала, условий хранения (влажности, наличия кислорода, температуры), наличия легирующих примесей, толщины осаждения [14].

Испытания показали, что при содержании свинца от 5 до 40 % "усы" не возникают, хотя механизм предотвращения их образования при различных концентрациях свинца различен. Именно по этой причине в Директиву RoHS ввели поправку о допущении 15 % свинца в покрытии выводов компонентов с шагом менее 0,65 мм [15]. Справедливости ради следует отметить, что образование "усов" возможно при определенных условиях и на других материалах.

По некоторым данным возникновению оловянных "усов" препятствует добавление в чистое олово золота и индия. Однако такие покрытия и припой дороги и имеют другие не-

достатки, влияющие на качество паяных соединений.

Большинство производителей проводят тестирование на "усы" по следующей методике [15]:

– детали с покрытием изгибают и подвергают старению (6 мес. при комнатной температуре, 6 мес. при температуре 50 °С, 6 мес. при температуре 52 °С и относительной влажности 90 %);

– проводят термоциклирование (1000 термических циклов от –40 до 80 °С);

– осматривают детали на сканирующем электронном микроскопе для выявления "усов" длиннее 50 мкм.

Выводы

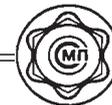
Использование бессвинцовых технологий монтажа электронных приборов приводит к необходимости решения ряда проблем, сопровождающихся снижением прибыльности производства и надежности приборов.

Смешанная технология монтажа электронных приборов, применение которой обусловлено отсутствием необходимой отечественной элементной базы, как правило, приводит к ухудшению качества паяных соединений по сравнению с традиционной свинцовой или полностью бессвинцовой технологиями.

Для применения бессвинцовых технологий в производстве электронных приборов военного и космического назначения необходимо ускорить проведение комплекса испытаний по гарантированному исключению роста оловянных "усов" и повышению качества паяных соединений.

Библиографический список

1. Прилипко К. Конференция "Подготовка к введению европейских директив RoHS и WEEE" // Производство электроники. 2006. № 2. С. 9–10.
2. Парфенов А. Еще раз о европейской "бессвинцовщине" // Технологии в электронной промышленности. – 2006. № 5. С. 60–61.
3. Шапиро Л. Внедрение европейской директивы RoHS // Производство электроники. – 2006. № 2. С. 15–18.
4. Шапиро Л. Новые европейские директивы для изделий электроники // Производство электроники. – 2006. № 2. С. 11–12.



5. **Ши К., Браун С.** Бессвинцовая сборка – первые результаты // Производство электроники. – 2007. № 5. С. 31–36.
6. **Вотинцев А.** Современные материалы для бессвинцовой технологии // Производство электроники. – 2006. № 2. С. 22–25.
7. **Компания Koki** помогает сократить расходы производителей сборок. http://elinform.ru/news_1077.htm
8. **Штенников В.Н.** Материал для жал паяльных станций // Компоненты и технологии. – 2004. № 7. С. 200–201.
9. **Штенников В.Н.** Опыт предприятия по изучению разогрева паяльных стержней после пайки // Компоненты и технологии. – 2005. № 5. С. 198–199.
10. **Левданский А.** Изменение технологического процесса при переходе на бессвинцовую пайку // Технологии в электронной промышленности. – 2006. № 1. С. 76–78.
11. **Гафт С., Матов Е.** Выбор стратегии контроля в условиях перехода к бессвинцовым технологиям // Поверхностный монтаж. – 2005. № 6–7. С. 4–8.
12. **Щеголева И.** Компания AIM решает проблемы перехода на бессвинцовую пайку // Производство электроники. – 2006. № 2. С. 42–44.
13. **Жанг В., Нвагер Ф.**, пер. А. Новикова. Функция свинца для предотвращения образования "усов" в покрытиях из олова // Технологии в электронной промышленности. – 2007. № 8. С. 36–41.
14. **Whitlaw K., Crosby J.** Proceedings of the 2002 Aexf Sur/Fin Conference, 2002.
15. **Ран А., Дием Р.** Бессвинцовое производство – компоненты и покрытия // Производство электроники. – 2006. № 2. С. 34–37.



НАНОИНДЕНТИРОВАНИЕ И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ

Ю.И. Головин

2009. – 312 с.: ил. ISBN 978-5-94275-476-1

Цена 693 р.

Описаны принципы, методы и средства для реализации испытаний и определения механических свойств материалов в наномасштабе, которые получили в последние годы большое распространение под общим названием “наноиндентирование”. Обсуждены информационные возможности этого большого и многофункционального семейства методов нано- и микромеханических испытаний. Рассмотрены различные аспекты и особенности поведения твердых тел в условиях сильно стесненной деформации, возникающей при локальном нагружении поверхности микронагрузкой. Описаны способы извлечения механических характеристик тонких приповерхностных слоев разнообразных материалов, пленок и многослойных покрытий при локальном нагружении. Особое внимание уделено физическим механизмам деформации и разрушения в этих условиях.

Книга адресована научным и инженерно-техническим работникам, занимающимся созданием, исследованием и аттестацией новых наноструктурных материалов и систем, полезна студентам и аспирантам, обучающимся по направлениям нанотехнологии и наноматериаловедения.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 62-182.52

А.В. Дроботов, М.Г. Кристаль, д-р техн. наук
(Волгоградский государственный технический университет)
E-mail: crysmar@mail.ru

Динамика перемещения планшайбы переналаживаемого поворотного стола со струйным приводом

Экспериментально доказана адекватность предложенных авторами моделей динамики всплытия, фиксации и поворота планшайбы переналаживаемого поворотного стола со струйным приводом. Получена эмпирическая зависимость времени фиксации планшайбы от ее массы и высоты всплытия.

The research in suggested chыck plate rise, fixation and rotate dynamic models of realigned jet index base was done, which has proved their equivalence. The relation of chыck plate fixation time and its weight and rise height was obtained by the experimental data.

Ключевые слова: поворотный стол, дискретный поворот, воздушная прослойка.

Key words: index base, rotational movement, air-cushion support.

В работе [1] авторами были предложены модели динамики всплытия планшайбы переналаживаемого поворотного стола на воздушной прослойке и ее поворота под действием струи сжатого воздуха.

Проверка адекватности этой модели выполнена на экспериментальном макете (рис. 1), состоящем из основания 1, планшайбы 2, набора грузов 3, пневмораспределителя 4 (Freeway 4V210-08), датчика 5 перемещения (ДПА М18-76У-1110-Н), закрепленного на штативе 9, аналого-цифрового преобразователя 6 (ZET 210), датчика 7 давления (АИР-10L АК600) и персо-

нального компьютера 8 (на базе микропроцессора AMD Sempron 3600+, 2 ГГц), управляющего работой пневмораспределителя 4 через устройство сопряжения УС и регистрирующего показания датчиков.

На рис. 2 представлены законы движения при всплытии на воздушной прослойке подвижных элементов поворотного стола со струйным приводом для следующих параметров:

- масса планшайбы $m_d = 1,03$ кг;
- давление питания воздушной прослойки $p_{0,max} = 260$ кПа;
- постоянная времени изменения давления питания $\tau = 0,0075$ с;
- диаметр планшайбы $D_{пш} = 0,088$ м;
- количество питающих сопел, обеспечивающих всплытие, $n = 8$;
- диаметр сопла $d_c = 0,33$ и $0,8$ мм. Здесь $\bar{z}(t)$ – усредненные экспериментальные законы движения при 27-кратном дублировании опытов; стандартное отклонение рассеивания результатов соответственно $\sigma(t) < 1$ мкм и

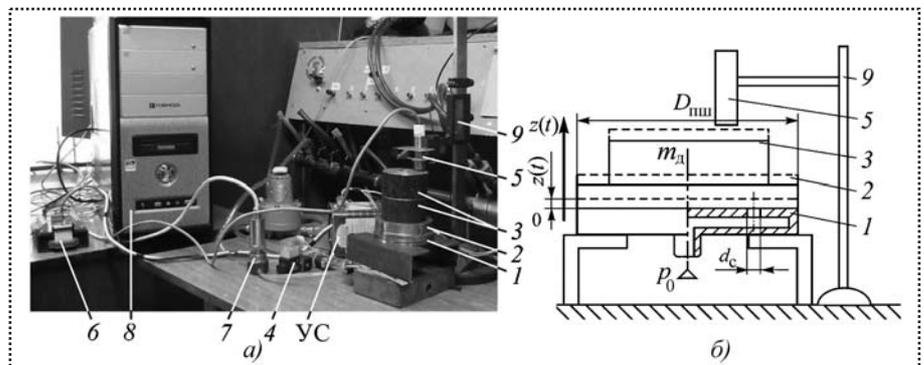


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования процесса всплытия планшайбы поворотного стола со струйным приводом: а – макет; б – схема установки

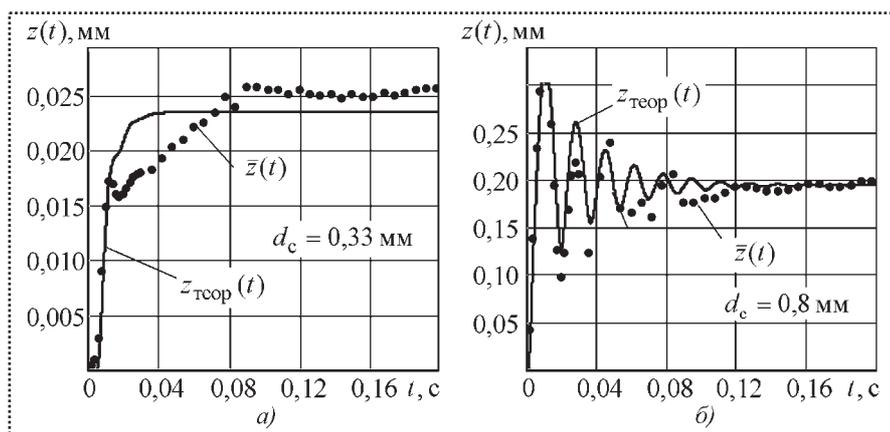
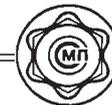


Рис. 2. Теоретический $z_{\text{теор}}(t)$ и экспериментальный $\bar{z}(t)$ законы всплытия планшайбы на воздушной прослойке

$\sigma(t) < 6$ мкм, доверительный интервал $\Delta = \pm 2$ мкм и $\Delta = \pm 12$ мкм [2]; $z_{\text{теор}}(t)$ – теоретические законы движения планшайбы при ее всплытии, полученные расчетом по моделям, предложенным в работе [1].

Аналогичные эксперименты выполнены для диаметров сопел $d_c = 0,33 \dots 1$ мм и масс $m_d = 0,68 \dots 2,77$ кг при давлении питания воздушной прослойки $p_{0\text{max}} = 271$ кПа ± 5 %. Зависимость высоты z всплытия от диаметров d_c сопел приведена на рис. 3.

Максимальное относительное расхождение (до 45 %) расчетных [1] и экспериментальных значений величины z всплытия планшайбы наблюдается при диаметре сопла $d_c = 0,4$ мм. Это расхождение идет в запас расчета. Для других диаметров при средней погрешности 11 % расхождение теоретических и экспериментальных данных не превышает 32 %.

После всплытия на воздушной прослойке планшайбы включают привод ее поворота, по окончании которого необ-

ходимо движущиеся элементы устройства зафиксировать в новом угловом положении. Для этого каналы питания воздушной прослойки подключают к источнику вакуума, тем самым в зазоре между основанием 1 и планшайбой 2 (см. рис. 1) создают разрежение, которое и обеспечивает фиксацию.

Закон $z(t)$ движения планшайбы при ее фиксации меняется от экспоненциального (рис. 4, а) до затухающего колебательного процесса (рис. 4, б) в зависимости от массы m_d планшайбы, высоты z всплытия, времени срабатывания пневмо-

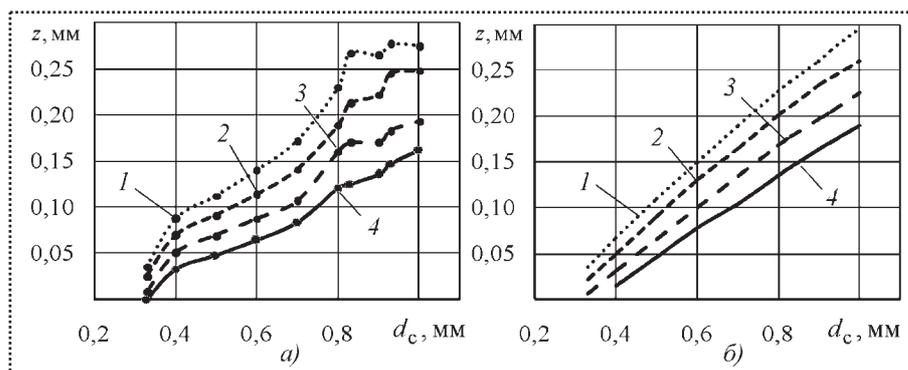


Рис. 3. Зависимость высоты z всплытия планшайбы от диаметра сопла d_c при различных массах m_d :

1 – 0,68 кг; 2 – 1,03 кг; 3 – 1,71 кг; 4 – 2,77 кг;

а – экспериментальные данные;

б – теоретический расчет

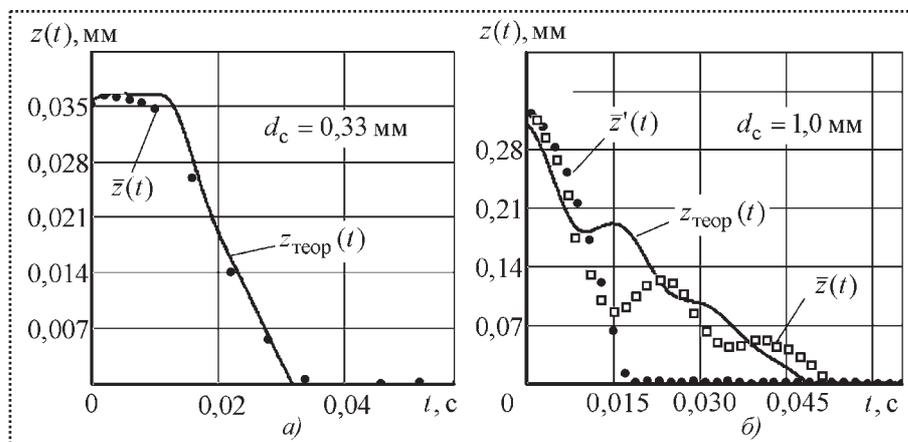


Рис. 4. Динамика фиксации планшайбы при $m_d = 0,68$ кг и различной высоте z всплытия

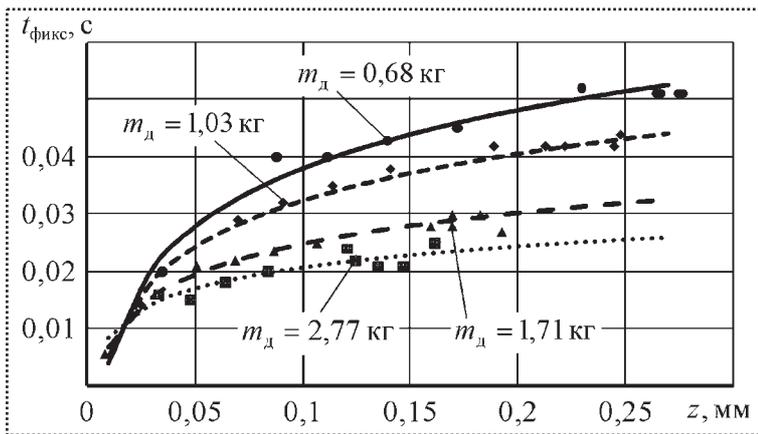


Рис. 5. Зависимость времени фиксации $t_{\text{фикс}}$ от высоты всплывания z без использования разрежения

распределителя и величины разрежения, используемого для фиксации планшайбы. На графиках показаны усредненные экспериментальные законы $\bar{z}(t)$ движения без использования разрежения и закон $\bar{z}'(t)$ с разрежением при 27-кратном дублировании опытов; стандартное отклонение рассеивания результатов: $\sigma(t) < 1$ мкм (доверительный интервал $\Delta = \pm 2$ мкм при доверительной вероятности $P = 95\%$ [2]) для $d_c = 0,33$ мм, $\sigma(t) < 8$ мкм ($\Delta =$

± 16 мкм) для $d_c = 1,00$ мм с разрежением и $\sigma(t) < 16$ мкм ($\Delta = \pm 32$ мкм) без разрежения; $z_{\text{теор}}(t)$ – теоретические законы движения планшайбы при ее фиксации, полученные расчетом по моделям без разрежения, предложенным в работе [1].

Зависимость времени фиксации $t_{\text{фикс}}$ от высоты всплывания z и массы m_d планшайбы представлена на рис. 5. Полученные результаты аппроксимированы уравнением:

$$t_{\text{фикс}}(z, m_d) = (0,0021m_d^2 - 0,01172m_d + 0,02172)\ln(z) + 0,00907m_d^2 - 0,04978m_d + 0,10142.$$

Расхождение экспериментальных и расчетных данных не превышает 14 % при среднем расхождении 4 %.

Проверку адекватности модели [1] поворота планшайбы на воздушной прослойке под действием струи сжатого воздуха на лопатки турбины проводили на экспериментальном макете (рис. 6), имитирующем работу переналаживаемого поворотного стола со струйным приводом. Устройство состоит из корпуса 1, поворотной части 2, планшайбы 3, турбины 4 (радиус $R = 0,041$ м), бесконтактного датчика 5 (GCI0K.0411200) угла поворота и магнитного кольца 6 (Z161.M06) к нему, устройства сопряжения 7, пневмораспределитель 8 (Freeway 4V210-08) и персонального компьютера 9 (на базе микропроцессора AMD Sempron 3600+, 2 ГГц).

Закон поворота планшайбы представлен на рис. 7. Маркерами показаны усредненные результаты серий из 27 экспериментов, стандартное отклонение $\sigma \approx 3^\circ$ (доверительный интервал $\Delta = \pm 6^\circ$ при доверительной вероятности $P = 95\%$). Эксперименты

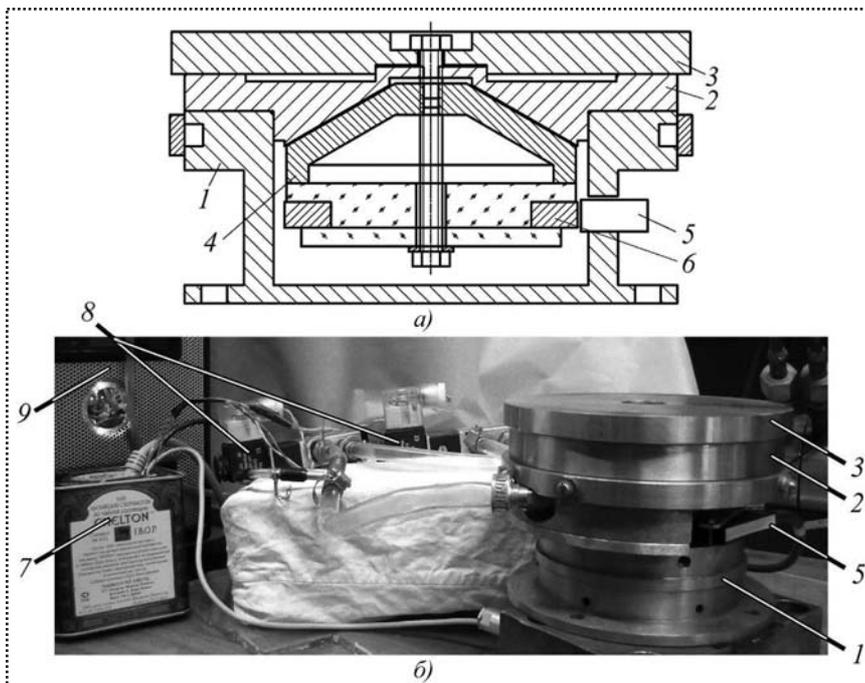


Рис. 6. Установка для регистрации закона поворота планшайбы: а – схема; б – экспериментальный макет

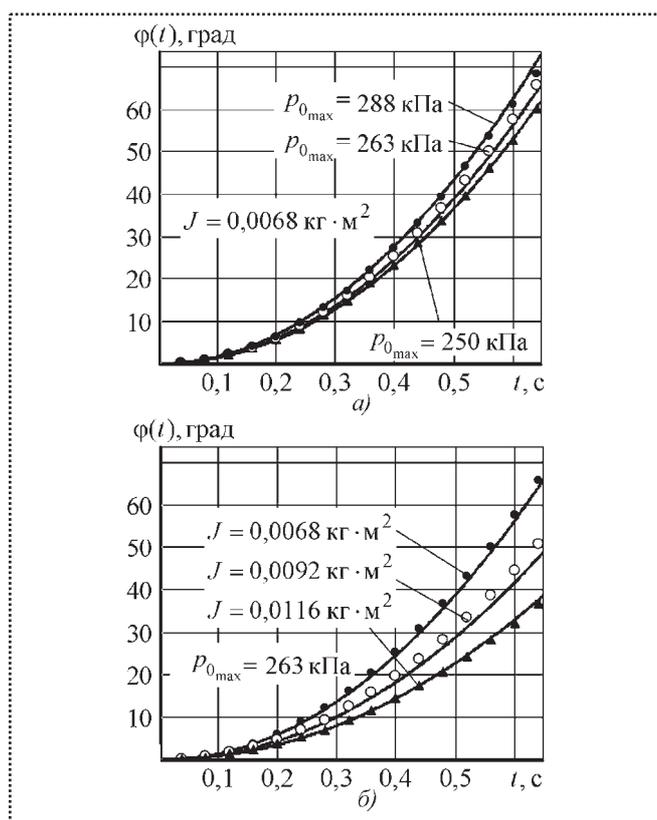
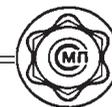


Рис. 7. Закон $\varphi(t)$ изменения угла поворота планшайбы при различных:

а – давлениях $p_{0,\max}$ питания привода поворота;
б – моментах J инерции планшайбы

проводили при диаметре питающего сопла $d_{\text{п}} = 3$ мм; угле наклона питающих сопел $\xi =$

$= 78^\circ$; угловой ширине лопатки турбины $\eta = 20^\circ$; коэффициенте скорости струи воздуха $\mu = 0,62$.

Сплошной линией на графиках показан теоретический закон поворота планшайбы, полученный расчетом по модели, предложенной в работе [1]. Расхождение экспериментальных данных и результатов математического моделирования не превышает 4 % ($2,5^\circ$) и лежит в пределах границ погрешности результатов экспериментов.

Таким образом, предложенные математические модели законов всплывания планшайбы на воздушной прослойке и ее поворота для перенастраиваемого поворотного стола со струйным приводом экспериментально подтверждены и могут быть использованы для выбора рациональных рабочих и конструктивных параметров этих устройств.

Библиографический список

1. Дроботов А.В., Кристалл М.Г. Особенности управления работой струйных поворотных устройств // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. № 3. С. 13–16.
2. ГОСТ Р 50779.22–2005. Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего. – М.: Стандартинформ. 2005. 12 с.



РЕЗЬБОНАКАТЫВАНИЕ. (Библиотека технолога)

А.В. Киричек, А.Н. Афонин

2009. – 312 с. ISBN 978-5-94275-428-0

Цена 550 р.

В книге описаны существующие резьбы и способы их изготовления, приведены конструкция и основные характеристики резьбонакатного оборудования и технологической оснастки для накатывания резьб, конструкция и методики проектирования резьбонакатного инструмента, технология накатывания резьб, требования к заготовкам под накатывание и режимам обработки.

Книга предназначена для инженерно-технических работников и специалистов промышленных предприятий, может быть полезна студентам, аспирантам и научным работникам.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 621.9.02

Е.Г. Крылов, канд. техн. наук, **А.Л. Плотников**, **Г.В. Ханов**, д-ра техн. наук,
Е.В. Дудкин, канд. техн. наук, **А.О. Великая**
(Волгоградский государственный технический университет)
E-mail: milly14@rambler.ru

Автоматизированный комплекс для оценки качества твердосплавных режущих пластин, комплектуемых в сборные многолезвийные инструменты

Предложено схемное решение автоматизированного комплекса для распределения по группам качества твердосплавных режущих пластин, комплектуемых в сборные многолезвийные инструменты, на основе определения их режущих свойств по величине коэрцитивной силы. Разработано программное обеспечение для статистического анализа результатов измерений и ведения базы данных по режущим свойствам пластин для АСТПП.

The automated system outline for sorting cutting plates from a firm alloy, assembled in multitoothed tools, on quality groups on the base of definition their cutting properties by measurement magnetic force is offered. Computer program for statistic analysis measurements magnetic force results and making database of cutting properties plates for ASTPP is made.

Ключевые слова: сборный многолезвийный инструмент, сортировка, режущая пластина, коэрцитивная сила.

Key words: assembled multitoothed tool, sorting, cutting plate, magnetic force.

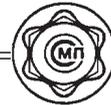
В мелкосерийном и серийном производстве для изготовления крупногабаритных и сложных по конфигурации деталей широко применяются многолезвийный режущий инструмент типа торцовых фрез, расточных и сверлильных головок с механическим креплением твердосплавных сменных многогранных пластин (СМП). Основные преимущества инструмента с СМП:

- отсутствие в твердосплавной пластине термических напряжений, характерных для напайного инструмента, повышает эксплуатационную стойкость инструмента;

- простота замены и взаимозаменяемость пластин сокращает время наладки инструмента на требуемый размер обработки;
- исключение повторной заточки пластин обеспечивает сохранение постоянных геометрических параметров инструмента;
- уменьшение запаса инструментов в целом, так как одна державка может быть использована многократно для установки сменных пластин.

Благодаря указанным преимуществам инструмент с СМП широко используют для различных операций механической обработки на станках с ЧПУ, многоцелевых станках, автоматических линиях, т.е. там, где требуются высокие надежность, быстросменность и взаимозаменяемость.

Экспериментальные исследования в производственных и лабораторных условиях показали, что многогранные твердосплавные режущие пластины марок ВК, ТК, ТТК из одной партии поставки с одинаковым сертификатом качества имеют различные режущие свойства [1, 2]. Для большинства марок твердого сплава разброс режущих свойств достигает 25 % и более. При оснащении такими пластинами сборного многолезвийного инструмента и эксплуатации его в автоматизированном производстве эффективность обработки значительно снижается. Заводскими исследованиями установлено, что до 60 % отказов многолезвийного твердосплавного инструмента происходит из-за неравномерного количественного изнашивания режущих кромок.



В настоящее время сформировались два направления повышения работоспособности сборного многолезвийного инструмента на автоматизированных станках.

Первое предполагает разработку и встраивание в САУ автоматических станков устройств активного контроля состояния и интенсивности изнашивания режущего инструмента, а также устройств для коррекции параметров процесса обработки на основе информации из зоны резания. Такие устройства находят практическое применение в новых поколениях систем ЧПУ станочным оборудованием, где имеется привод главного движения с плавным регулированием числа оборотов шпинделя. Однако систем ЧПУ, в которых решались бы задачи обеспечения надежности выбора режимов резания с учетом вариации свойств инструмента и заготовки, пока нет.

Второе направление основано на разработке и применении средств предварительного контроля режущих свойств твердосплавных пластин и сортировки их по группам качества. В практическом плане речь идет о разработке высокопроизводительных контрольно-сортiroвочных устройств, что позволит оснащать одно- и многолезвийный инструмент твердосплавными пластинами с заранее известными режущими свойствами и таким образом обеспечивать стабильную работу инструмента в изменяющихся технологических условиях.

Предварительное определение режущих свойств твердосплавных пластин по некоторому оценочному параметру и последующее их распределение по группам качества является наиболее эффективным способом обеспечения заданного времени работы сборного многолезвийного инструмента на автоматизированных станках. Этот подход позволяет обеспечить рациональное использование инструментального материала и повысить вероятность безотказной работы инструмента в течение заданной стойкости за счет равномерного количественного изнашивания режущих кромок.

В работах отечественных и зарубежных ученых отмечено, что для неразрушающего контроля различных характеристик сталей и сплавов (структуры, химического состава, механических напряжений, твердости, упругих и пластических деформаций) широко используют магнитные методы оценки на основе измерения коэрцитивной силы, магнитной индукции, намагнитченности и магнитной проницаемости [3].

Анализ магнитоэлектрических явлений, происходящих в результате перемагничивания ферромагнитных материалов, показал, что наиболее информативный параметр для оценки свойств твердого сплава – коэрцитивная сила, которая является чувствительной характеристикой к изменению его химического состава и структурных составляющих. Кроме того, коэрцитивная сила не зависит от колебания размеров изделий одной формы, что позволяет применять ее в качестве оценочного параметра для контроля однородности свойств твердосплавных пластин различных типоразмеров. Величина коэрцитивной силы для изделий одной партии спекания в большинстве случаев имеет связь с коэффициентом стойкости при резании: чем выше значение коэрцитивной силы, тем выше коэффициент стойкости $K_{ст}$.

Входной контроль твердосплавных пластин, поступающих на ОАО "Волжский подшипниковый завод ВПЗ-15" и идущих на оснащение режущего инструмента, выявил широкий диапазон колебания коэрцитивной силы. Результаты ее измерений на твердосплавных пластинах марок Т14К8, Т15К6, Т5К10 (ГОСТ 19086–80) и последующий статистический анализ показали, что коэрцитивная сила для пластин из одной партии поставки – величина переменная, распределение которой с относительной погрешностью $\delta \leq 10\%$ соответствует закону нормального распределения.

На рис. 1 представлена гистограмма распределения величины коэрцитивной силы для партии поставки № 1429 твердосплавных пла-

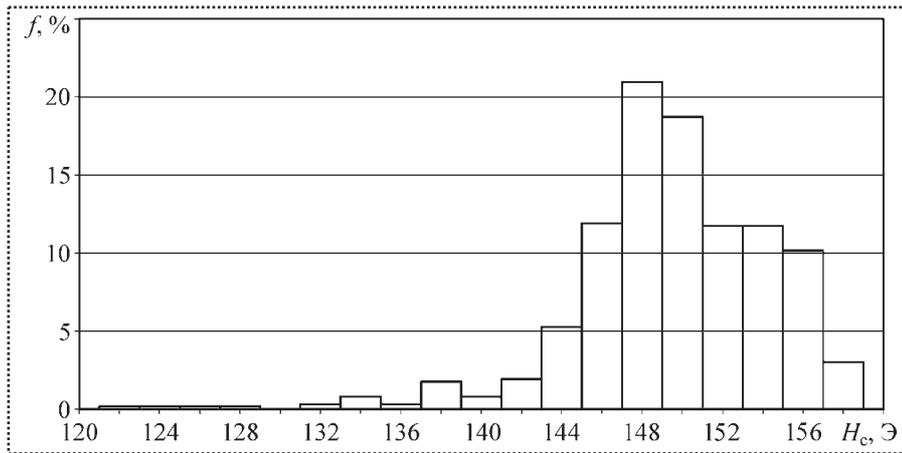


Рис. 1. Гистограмма распределения величины коэрцитивной силы H_c твердосплавных пластин марки Т14К8:

f – частота попадания в интервал

стин марки Т14К8 производства ОАО "Кировоградский завод твердых сплавов" в количестве 630 шт. с паспортным значением $K_{ст} = 1,7$.

Экспериментальными исследованиями установлено, что пластины считаются однородными по режущим свойствам, если разница в величине коэрцитивной силы составляет не более 8...10 Э.

Как видно из рис. 1, в данной партии поставки наблюдается существенная неоднородность пластин по режущим свойствам, которая снижает эффективность процесса обработки сборным многолезвийным инструментом.

Для повышения надежности и эффективности работы такого инструмента в условиях авто-

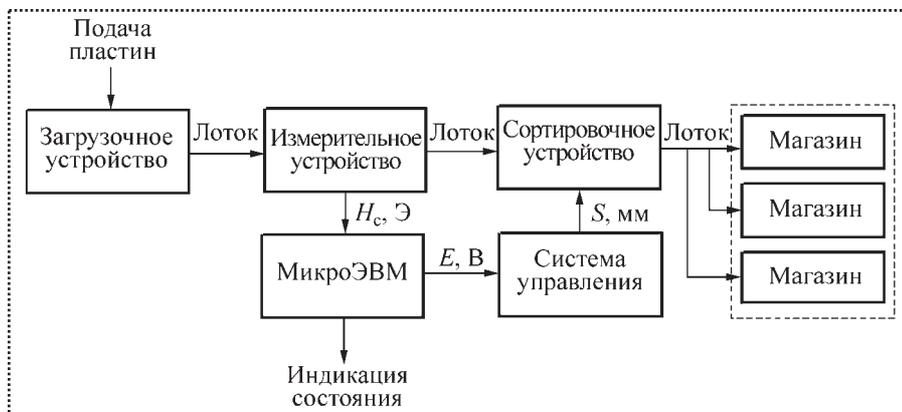


Рис. 2. Структурная схема комплекса для сортировки твердосплавных режущих пластин:

E – термоЭДС; S – перемещение рычага

матизированного производства создан комплекс для сортировки твердосплавных режущих пластин по группам качества. В основу работы комплекса положен способ автоматизированного бесконтактного измерения коэрцитивной силы пластин и математической обработки полученных результатов испытаний [4].

Сущность сортировки заключается в ориентировании пластин в вибрационном бункерном загрузочном устройстве, измерении коэрцитивной

силы с помощью стандартного прибора – коэрцитиметра и последующего их распределения на группы качества (с одинаковыми или близкими режущими свойствами) в зависимости от измеренного значения (рис. 2).

Комплекс работает следующим образом. Твердосплавные пластины одинаковой геометрической формы из материала одной марки засыпаются в чашу загрузочного устройства. При подаче напряжения и установке необходимых параметров колебаний пластины начинают постепенно расходиться от центра чаши и поступают на винтовую транспортную дорожку на ее стенках. Двигаясь вверх за счет вибрации, твердосплавные пластины доходят до конца дорожки и оказываются на лотке-ска-

те, при перемещении по которому они стопорятся с помощью отсекающих устройств, последовательно входящих в отверстия лотка (рис. 3). Первый отсекающий, выйдя из отверстия лотка, пропускает очередную (нижнюю) пластину, а второй отсекающий, находясь в лотке, удерживает от перемещения вниз остальные пластины.

Далее пластина поступает на измерительную позицию, где захватывается призматически-

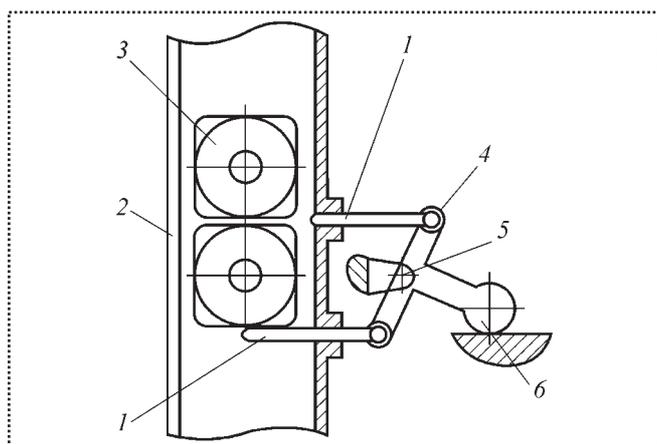


Рис. 3. Схема работы отсекателей:

- 1 – отсекатели;
- 2 – лоток;
- 3 – пластина;
- 4 – рычаг;
- 5 – ось;
- 6 – упор

ми накладками. В течение 5 с проводится измерение коэрцитивной силы путем намагничивания и размагничивания пластины с помощью феррозондового коэрцитиметра (рис. 4). Измеренное значение поступает на вход микроЭВМ (вычислительный блок, программируемый контроллер), запоминается и обрабатывается с помощью специального программного обеспечения. В зависимости от полученного значения микроЭВМ формирует

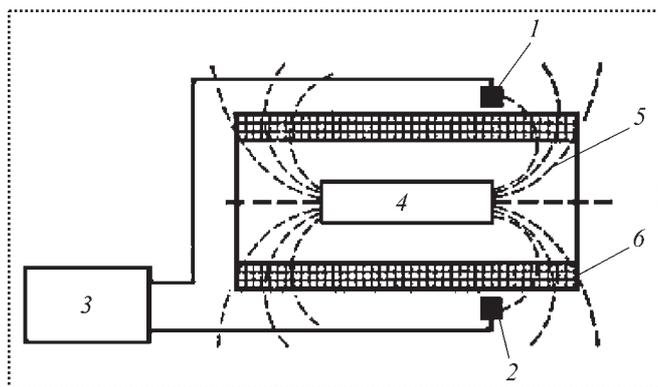


Рис. 4. Структурная схема феррозондового коэрцитиметра:
1 и 2 – чувствительные элементы феррозонда, соединенные по разностной схеме;
3 – феррозондовый нулевой прибор;
4 – пластина;
5 – силовые линии ее магнитного поля;
6 – намагничивающая катушка

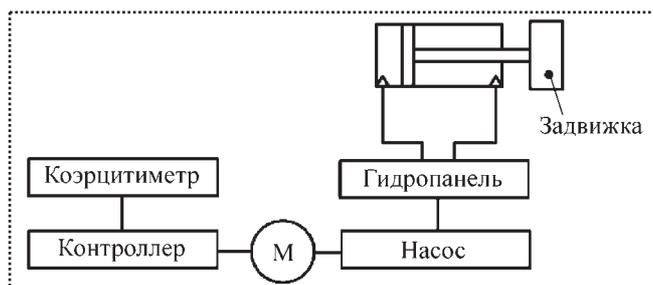


Рис. 5. Структурная схема системы управления

сигнал в систему управления комплексом (рис. 5).

Электродвигатель включает гидропривод (последовательно соединенные насос, гидропанель и гидроцилиндр двустороннего действия), который управляет перемещением задвижки (открыта – закрыта) на сортировочном устройстве (рис. 6).

При открытии задвижки пластина с измерительной позиции поступает в сортировочное устройство, которое представляет собой сочетание подвижного и неподвижного револьверных дисков с радиальными пазами. Геометрические размеры и форму пазов выби-

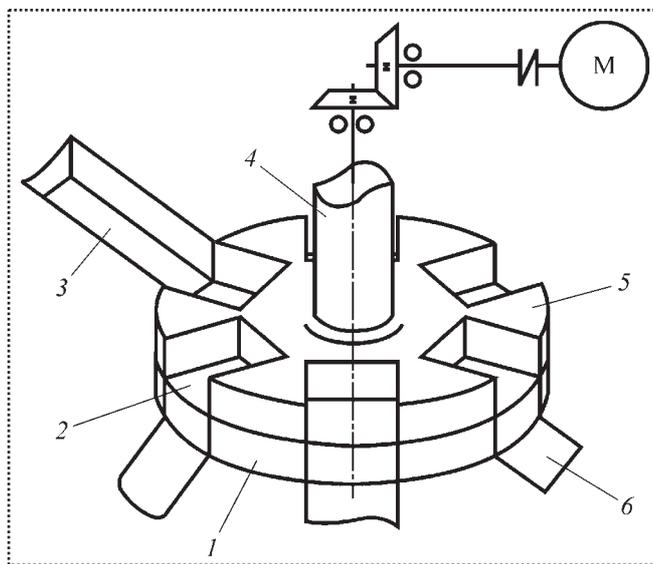


Рис. 6. Кинематическая схема сортировочного устройства:

- 1 – неподвижный диск;
- 2 – задвижка;
- 3 – подводной лоток;
- 4 – вал;
- 5 – подвижный диск;
- 6 – отводной лоток



рают в зависимости от заданного типоразмера твердосплавной пластины. Количество пазов должно соответствовать числу групп сортировки, которое для пластин марок ВК и ТК равно шести.

Электродвигатель через зубчатую передачу постоянного зацепления вращает подвижный диск. При совмещении пазов на дисках пластина при открытой задвижке перемещается по отводному лотку в заданный бункер-накопитель. Следующая пластина поступает на измерительную позицию только после того, как предыдущая оказывается на позиции отводного лотка.

Теоретический расчет производительности работы комплекса показал, что при загрузке партии четырехгранных твердосплавных режу-

щих пластин (ГОСТ 19086–80) с диаметром описанной окружности 25,4 мм в количестве 150 шт. время непрерывной работы комплекса составляет 25 мин, при этом цикл измерения и сортировки одной пластины составляет 10...12 с.

Для математической обработки результатов измерений коэрцитивной силы и ведения базы данных разработано программное обеспечение, которое позволяет построить распределение значений коэрцитивной силы пластин одной партии, определить его существенные характеристики и провести проверку на соответствие закону нормального распределения с использованием критерия согласия Колмогорова. Программа разработана в среде программирования Delphi 7 под управлением операционной систе-

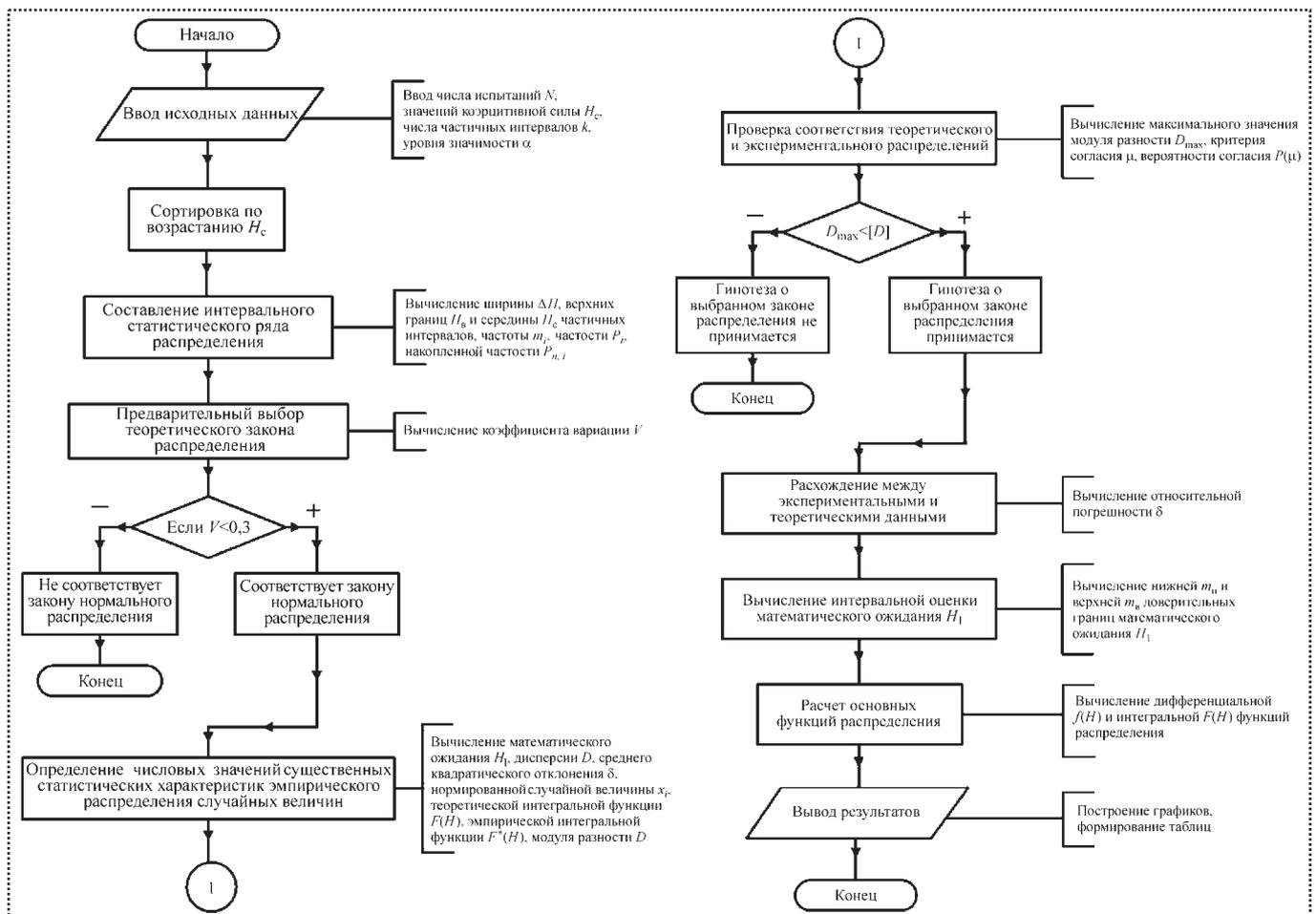


Рис. 7. Блок-схема алгоритма программы

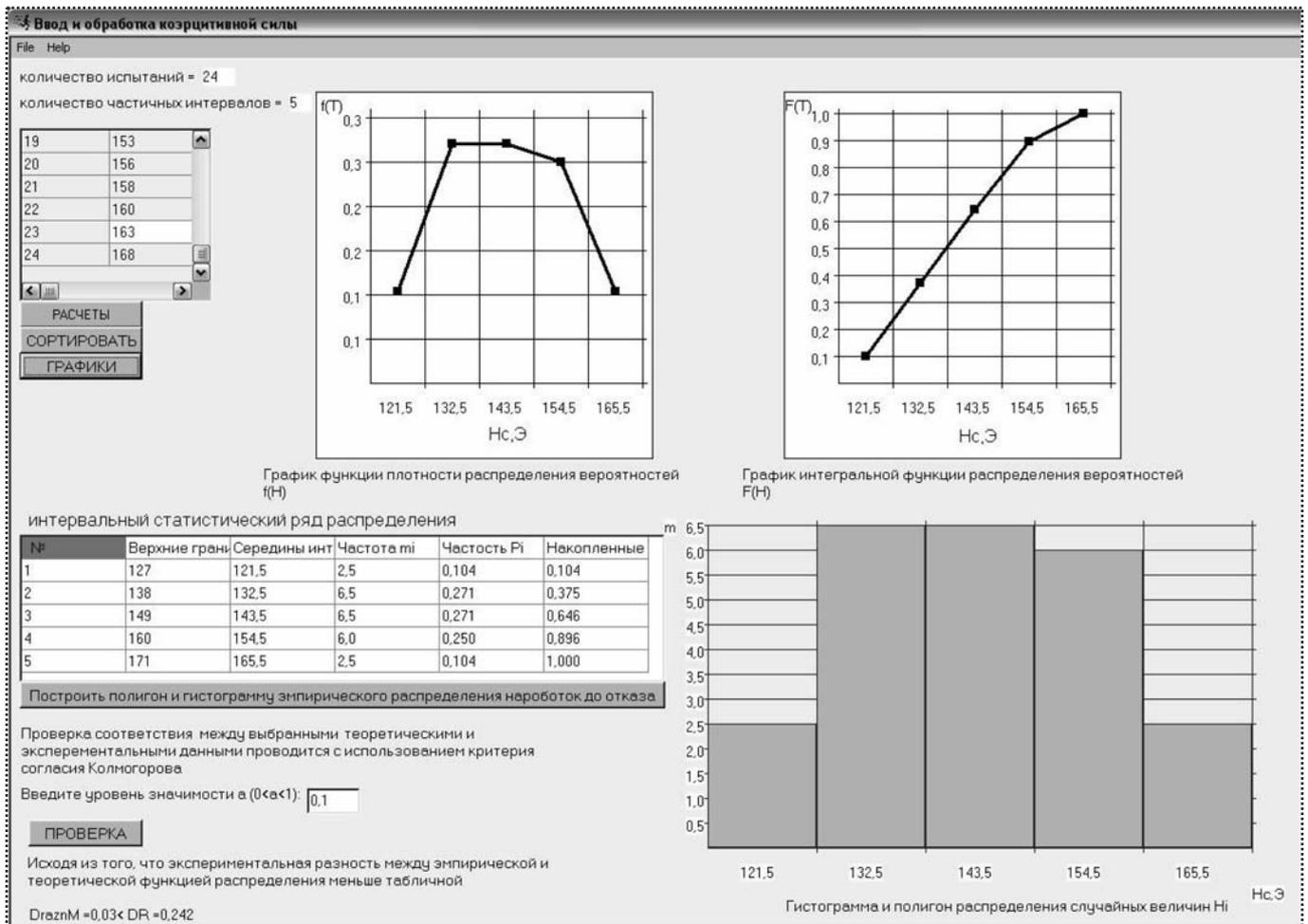


Рис. 8. Основное окно программы

мы Microsoft Windows XP. На рис. 7, 8 представлены блок-схема алгоритма и основное окно программы.

Данная программа предназначена для использования в автоматизированной системе технологической подготовки производства с целью уменьшения подготовительно-заключительного времени при изготовлении деталей, повышения эффективности обработки сборным многолезвийным инструментом, снижения количества брака по вине инструмента и ведения автоматизированной базы данных свойств режущих пластин.

Библиографический список

1. Плотников А.Л., Чигиринский Ю.Л., Фролов Е.М., Крылов Е.Г. Новая методика построения модулей расчета режимов резания в САПР ТПП механической обработки // СТИН. – 2009. № 2. С. 19–25.
2. Плотников А.Л., Ханов Г.В., Крылов Е.Г. Обеспечение надежности работы сборного многолезвийного твердосплавного инструмента на автоматизированном станочном оборудовании // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2009. № 3. С. 40–44.
3. Клюев В.В., Соснин Ф.Р., Ковалев А.В. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник. Под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2005. 656 с.
4. Патент 2370345 РФ, МПК В 23 В 25/06, G 01 N 3/58. Способ определения допустимой скорости резания в условиях многоинструментальной настройки / А.Л. Плотников, Е.Г. Крылов, Е.В. Дудкин; ВолгГТУ. 2009.



УДК 621.825.54

М.П. Шишкарёв, д-р техн. наук (Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения)
E-mail: shishkarev@tam.rgashm.ru

Повышение нагрузочной способности и точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт

Проведен синтез структурно-функциональной и принципиальной схем адаптивной фрикционной муфты с задержкой включения устройства обратной связи для повышения ее нагрузочной способности и точности срабатывания.

With a delay of turning on of the device of a return coupling synthesis of structural functional and basic circuits of an adaptive friction coupling is made for heightening of its load-carrying capacity and exactitude of wear.

Ключевые слова: адаптивная фрикционная муфта, дискриминатор, обратная связь, точность срабатывания, нагрузочная способность, управляющее устройство.

Key words: adaptive friction coupling, discriminator, return coupling, exactitude of wear, load-carrying capacity, actuation device.

Один из главных недостатков предохранительных фрикционных муфт, применяемых в приводах сборочных автоматов, – низкая стабильность передаваемой нагрузки вследствие непостоянства коэффициента трения. Адаптивные фрикционные муфты (АФМ) с отрицательной обратной связью имеют повышенную точность срабатывания, однако обладают низкой нагрузочной способностью [1, 2]. Это объясняется действием отрицательной обратной связи в интервале изменения коэффициента трения $f_{\min} \dots f_{\max}$, где f_{\min} , f_{\max} – соответственно минимальное и максимальное значения коэффициента трения для конкретных материалов в реальных условиях эксплуатации.

Действие отрицательной обратной связи управляющего устройства особенно заметно снижает величину предельного вращающего момента АФМ при небольших значениях ко-

эффициента трения за счет того, что приведенный коэффициент трения фрикционной группы АФМ в $(1 + zCf)$ раз меньше коэффициента трения в муфтах обычной точности срабатывания, не имеющих управляющих устройств (z – число пар трения фрикционной группы; C – коэффициент усиления управляющего устройства) [1].

Стремление повысить точность срабатывания АФМ с отрицательной обратной связью за счет увеличения C (рассматриваем муфты со всеми ведущими парами трения [2]) приводит к существенному уменьшению приведенного коэффициента трения и соответствующему снижению нагрузочной способности муфт. Компенсация уменьшения приведенного коэффициента трения путем увеличения силы натяжения замыкающей пружины не всегда представляется рациональным способом улучшения эксплуатационных характеристик АФМ, так как приводит к непропорциональному росту массы муфты [3].

Цель данной работы – синтез АФМ с разделением режимов действия отрицательной обратной связи и определение оптимальных параметров муфты для достижения наиболее высокой точности срабатывания.

Идея повышения нагрузочной способности АФМ с отрицательной обратной связью при небольших величинах коэффициента трения заключается в том, чтобы при указанных условиях исключить действие обратной связи. В этом случае при сохранении функционального назначения предохранительной муфты (передача номинального вращающего момента в интервале значений $f_{\min} \dots f_{\max}$ за счет настройки муфты по минимальному коэффици-

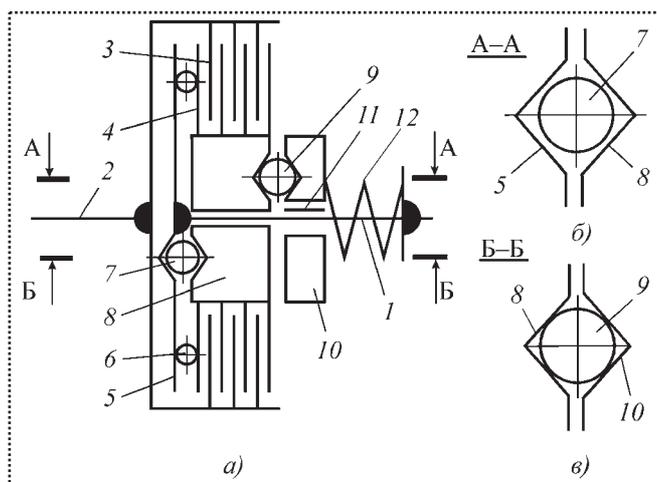
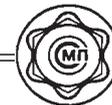


Рис. 1. Принципиальная схема АФМ

енту трения) возможно увеличение номинального вращающего момента в $(1 + zCf_{\min})$ раз.

Принципиальная схема АФМ, удовлетворяющей указанному условию, приведена на рис. 1, а [4]. Передача вращающего момента от полумуфты 1 на полумуфту 2 осуществляется пакетом фрикционных дисков 3 и 4. Для исключения влияния распределения нагрузки между парами трения на формирование выходного сигнала управляющего устройства пакет опирается на упорный диск 5, жестко закрепленный на полумуфте 1, посредством упорного подшипника 6. Управляющее устройство состоит из тел качения 7, которые размещены с зазором в гнездах со скошенными боковыми поверхностями, выполненных в упорном диске 5 и нажимном диске 8, установленном с возможностью поворота относительно полумуфты 1 (рис. 1, б).

Поскольку конструкция АФМ включает управляющее устройство с отрицательной обратной связью, необходимо для разделения периодов ее действия и его отсутствия ввести дискриминатор Д (рис. 2). В функцию последнего входит блокирование действия управляющего устройства отрицательной обратной связи, для того чтобы до достижения определенного значения коэффициента трения f_0 на сумматор С (нажимной диск 8) подавалось только задающее воздействие F_n на-

жимного узла УН. При достижении величины, равной или большей f_0 , должно происходить включение управляющего устройства отрицательной обратной связи, выходной сигнал (управляющее воздействие) F_p которого, подаваемый на вход сумматора С, приводит бы к изменению сигнала, поступающего на вход фрикционной группы ГФ.

В принципиальной схеме АФМ дискриминатор представляет собой тела качения 9, размещенные в гнездах со скошенными боковыми поверхностями, которые выполнены в нажимном диске 8 и опорной втулке 10 (рис. 1, в), связанной с полумуфтой 1 при помощи направляющей шпонки 11 и подпружиненной пружиной 12.

Из схемы следует, что действие управляющего устройства отрицательной обратной связи начинается, когда будет выбран зазор между телами качения 7 и боковыми стенками гнезд, что становится возможным при повороте нажимного диска 8 относительно полумуфты 1. При этом произойдет смещение вправо втулки 10 и сжатие пружины 12, соответствующее величине вращающего момента, который муфта будет передавать непосредственно перед включением управляющего устройства отрицательной обратной связи.

Для сохранения эффективности работы АФМ необходимо, чтобы точность ее срабатывания была близка к точности срабатывания аналога – муфты с отрицательной обратной

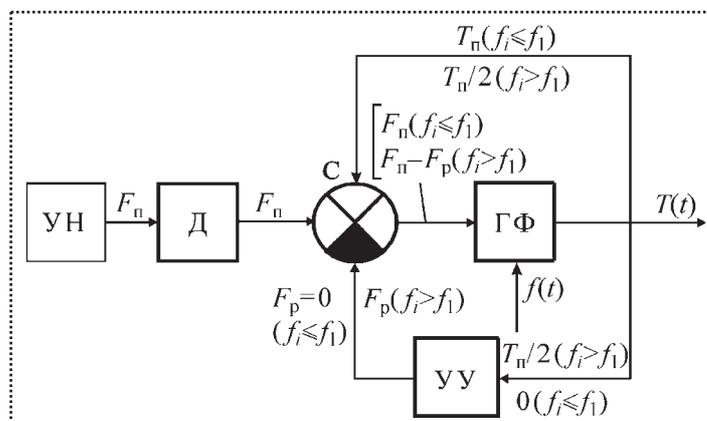


Рис. 2. Структурно-функциональная схема АФМ



связью, действующей во всем интервале $f_{\min} \dots f_{\max}$.

С учетом изложенного величина предельного вращающего момента, передаваемого муфтой при выключенном управляющем устройстве отрицательной обратной связи, определяется по формуле

$$T_{n1} = zR_{cp}f_1(F_n + F_T), \quad (1)$$

где R_{cp} – средний радиус поверхностей трения фрикционных дисков;

f_1 – предельная величина коэффициента трения, при которой отсутствует зазор между телами качения 7 и гнездами;

F_n – задающее воздействие (сила натяжения пружины 12);

F_T – сила трения между втулкой 10 и направляющей шпонкой 11:

$$F_T = \frac{2T_{n1}f_2}{d}, \quad (2)$$

здесь d – диаметр посадочной поверхности ступицы полумуфты 1;

f_2 – коэффициент трения между втулкой и шпонкой.

Подставив правую часть (2) в (1), получим

$$T_{n1} = zF_n R_{cp} \frac{f_1}{1 - \frac{2zR_{cp}}{d} f_1 f_2}. \quad (3)$$

При увеличении вращающего момента и коэффициента трения между фрикционными дисками начинается действие управляющего устройства отрицательной обратной связи и передаваемая муфтой нагрузка распределяется равномерно между телами качения 7 и 9. Равновесие втулки 10 при этом нарушается, и она перемещается влево. При микроперемещении втулки это не приводит к значительному изменению силы натяжения пружины 12, однако выключается управляющее устройство. В результате тела качения 9 начинают передавать полную нагрузку, втулка 10 перемещается вправо, вследствие чего происходит поворот

нажимного диска и включение управляющего устройства отрицательной обратной связи.

После этого процесс, описанный выше, будет повторяться в форме микроколебаний. Вследствие демпфирующего действия силы трения между втулкой 10 и шпонкой 11 и инерционности элементов системы микроколебания в большей степени сглаживаются и муфта будет передавать вращающий момент T_{n2} , соответствующий текущей величине коэффициента трения.

При действии управляющего устройства отрицательной обратной связи воздействие (распорная сила) на тела качения 7 определяется по зависимости

$$F_p = \frac{T_{n2}}{2r} \operatorname{tg} \alpha, \quad (4)$$

где T_{n2} – вращающий момент, передаваемый муфтой при $f_i > f_1$ (f_i – текущее значение коэффициента трения);

r – радиус окружности, на которой расположены тела качения 7;

α – угол скоса боковой поверхности гнезда под тело качения 7 (см. рис. 1, б).

Формула для определения вращающего момента муфты в данном случае имеет вид:

$$T_{n2} = zR_{cp}f_i(F_n + F'_T - F_p), \quad (5)$$

где сила трения F'_T между втулкой 10 и шпонкой 11 для данного режима работы

$$F'_T = \frac{T_{n2}}{d} f_2. \quad (6)$$

После подстановки правых частей (4) и (6) в уравнение (5) и решения последнего получим

$$T_{n2} = zF_n R_{cp} \frac{f_i}{1 + (C - C_1) z f_i}, \quad (7)$$

где

$$C = \frac{R_{cp}}{r} \operatorname{tg} \alpha;$$



$$C_1 = \frac{R_{cp}}{d} f_2.$$

При синтезе исследуемой муфты весьма важно определение величины коэффициента трения f_1 . Если принять $f_1 = f_{\min}$, то в результате действия управляющего устройства отрицательной обратной связи приведенный коэффициент трения

$$f_{np} = \frac{f_{\min}}{1 + (C - C_1) z f_{\min}}$$

будет меньше, чем величина f_{\min} , что приведет к ухудшению точности срабатывания муфты. Поэтому необходимо назначить такую величину коэффициента трения f_1 , чтобы, по меньшей мере, выполнялось условие

$$f_{np1} = \frac{f_1}{1 + (C - C_1) z f_1} \geq f_{\min}.$$

Поскольку в интервале значений коэффициента трения $f_{\min} \dots f_1$ муфта передает вращающий момент, величина которого определяется по формуле (3), важно, чтобы вращающий момент T_{n1} при значении коэффициента трения f_1 не превысил момент T_{n2} при значении f_{\max} . Эти два условия являются основой для определения оптимальной величины коэффициента усиления C .

Запишем формулы по определению коэффициента точности [1] при выключенной отрицательной обратной связи и при ее действии. Вычисляя коэффициент точности как отношение максимального вращающего момента муфты к минимальному, запишем формулы для нахождения предельных вращающих моментов на основе соотношений (3) и (7):

$$T_{n1\min} = z F_n R_{cp} f_{\min}; \quad (8)$$

$$T_{n1\max} = z F_n R_{cp} \frac{f_1}{1 - 2z C_1 f_1}; \quad (9)$$

$$T_{n2\max} = z F_n R_{cp} \frac{f_{\max}}{1 + (C - C_1) z f_{\max}}. \quad (10)$$

Тогда соответствующие коэффициенты точности АФМ с учетом (8)–(10) можно определить по формулам:

$$K_{\tau 1} = \frac{T_{n1\max}}{T_{n1\min}} = \frac{f_1}{(1 - 2z C_1 f_1) f_{\min}}; \quad (11)$$

$$K_{\tau 2} = \frac{T_{n2\max}}{T_{n1\min}} = \frac{f_{\max}}{[1 + (C - C_1) z f_{\max}] f_{\min}}. \quad (12)$$

В формуле (8) сила трения между втулкой 10 и шпонкой 11 не учитывается, так как втулка в данном случае не находится в состоянии предельного равновесия.

Согласно поставленному выше условию должно выполняться равенство $K_{\tau 1} = K_{\tau 2}$. Приравняв правые части выражений (11) и (12), решим составленное уравнение относительно f_1 :

$$f_1 = \frac{f_{\max}}{1 + (C + C_1) z f_{\max}}. \quad (13)$$

Для определения коэффициента усиления C поставим условие, согласно которому должно выполняться равенство приведенного коэффициента трения при $f_i = f_1$ и минимального коэффициента трения, т.е.

$$\frac{f_1}{1 + (C - C_1) z f_1} = f_{\min}. \quad (14)$$

В равенстве (14) условно принято, что при значении коэффициента трения, равном f_1 , начинает действовать управляющее устройство отрицательной обратной связи. Это можно считать приемлемым, так как действие обратной связи начинается уже при незначительном превышении коэффициентом трения значения f_1 .

Решим уравнение (14) относительно C :

$$C = \frac{f_1 + (z C_1 f_1 - 1) f_{\min}}{z f_1 f_{\min}}. \quad (15)$$

Подставив правую часть (15) в (13), получим окончательное соотношение для определения коэффициента трения f_1 :

$$f_1 = \frac{2f_{\min} f_{\max}}{f_{\min} + f_{\max} + 2zC_1 f_{\min} f_{\max}}. \quad (16)$$

Согласно формуле (11) величина f_1 оказывает существенное влияние на точность срабатывания АФМ, которая уменьшается с увеличением f_1 . Если принять для конкретной пары трения постоянными f_{\min} и f_{\max} , а также C_1 , считая неизменным коэффициент трения f_2 [1], в формуле (16) переменным является число пар трения z .

Таким образом, как и у АФМ, в которых отрицательная обратная связь действует во всем интервале значений коэффициента трения $f_{\min} \dots f_{\max}$, точность срабатывания исследуемой муфты повышается при увеличении числа пар трения. Указанная зависимость показана на рис. 3 кривой 1. Прямая 2 отображает аналогичную зависимость для АФМ с отрицательной обратной связью, действующей во всем интервале значений $f_{\min} \dots f_{\max}$. Графики построены при $f_{\min} = 0,1$; $f_{\max} = 0,08$; $C_1 = 0,15$. Коэффициенты точности исследуемой АФМ и муфты-аналога вычисляли соответственно по следующим формулам:

$$K_{T1} = \frac{f_1}{(1 - 2zC_1 f_1) f_{\min}};$$

$$K_{T2} = \frac{(1 + zC_1 f_{\min}) f_{\max}}{(1 + zC_1 f_{\max}) f_{\min}}.$$

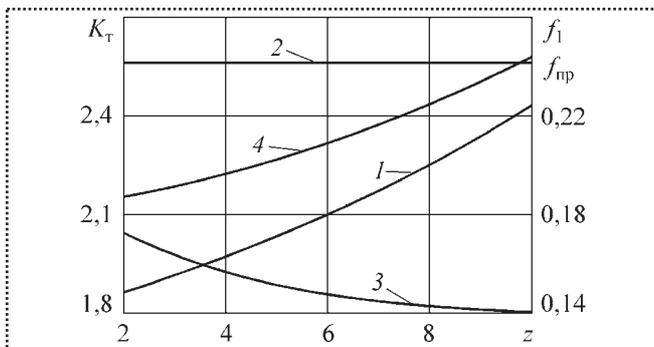


Рис. 3. Графики зависимостей: 1, 2 – $K_T(z)$; 3 – $f_1(z)$; 4 – $f_{np}(z)$

Коэффициент трения f_1 определяли по формуле (16) в зависимости от числа пар трения z . Коэффициент усиления C муфты-аналога вычисляли по формуле (15) для корректности сопоставления точности срабатывания при одинаковых общих исходных данных.

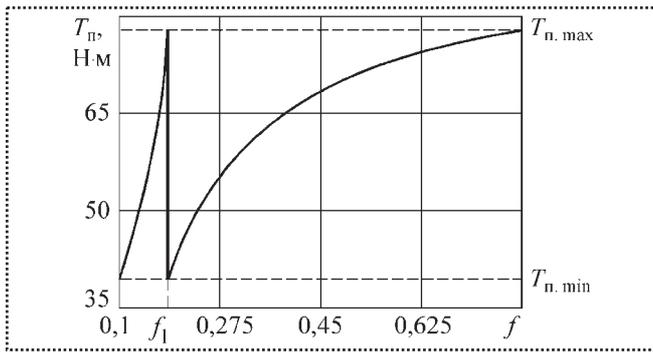
Графики показывают, что при поставленных условиях и исходных данных точность срабатывания исследуемой АФМ уменьшается с увеличением числа пар трения z , а у муфты-аналога она остается неизменной. Уменьшение точности срабатывания в первом случае удобнее объяснить при помощи графиков 3 и 4 на рис. 3, которые отражают изменение величины коэффициента трения f_1 и приведенного коэффициента трения, вычисляемого в данном случае по формуле

$$f_{np} = \frac{f_1}{1 - 2zC_1 f_1}.$$

Анализ кривых 3 и 4 показывает, что приведенный коэффициент трения увеличивается быстрее, чем уменьшается f_1 . Поскольку именно первый определяет точность срабатывания АФМ, указанное обстоятельство является причиной увеличения коэффициента точности.

Уменьшение коэффициента трения f_1 при увеличении числа пар трения z объясняется тем, что при постоянной силе натяжения пружины F_n увеличивается передаваемый вращающий момент и предельное состояние равновесия втулки 10 достигается при меньшем f_1 . С другой стороны, рост вращающего момента вследствие увеличения z приводит к повышению силы трения между втулкой 10 и шпонкой 11, что является причиной увеличения осевой реакции на телах качения 9 дискриминатора, соответствующей предельному состоянию равновесия втулки и приведенного коэффициента трения.

График нагрузочной способности исследуемой АФМ показан на рис. 4. Он построен по формуле $T_n = zF_n R_{cp} f$ (прямой участок в левой части графика), по формуле (3) (кривая в ле-

Рис. 4. График зависимости $T_n(f)$

вой части графика) и формуле (7) (правая часть графика). Для графика характерны:

- наличие двух частей, существенно отличающихся одна от другой;

- ограниченная зона резкого перепада предельного вращающего момента, обусловленная включением управляющего устройства отрицательной обратной связи в области коэффициента трения f_1 ;

- наличие переходящих один в другой линейного и нелинейного участков в левой части графика, обусловленных увеличением силы прижатия пар трения фрикционной группы в интервале значений $F_{п...}F_{п} + F_{т}$;

- равенство предельных вращающих моментов $T_{п,max}$ и $T_{п,min}$ в интервалах изменения коэффициента трения $f_{min...}f_1$ и $f_1...f_{max}$ (соответственно левая и правая часть графика).

Параметры дискриминатора, обеспечивающие указанную последовательность действия узлов АФМ, выбирают следующим образом. В результате действия на нажимной диск 8 вращающего момента между телами качения 9 и стенками гнезд возникает сила нормального давления, осевая составляющая которой должна уравнивать при коэффициенте трения f_1 действующие на втулку 10 силу $F_{п}$ пружины 12 и силу трения $F_{т}$.

На основании этого можно записать

$$\frac{T_{п1}}{r_1} \operatorname{tg} \alpha_1 = F_{п} + F_{т}, \quad (17)$$

где r_1 – радиус окружности, на которой расположены тела качения 9;

α_1 – угол скоса под них боковой поверхности гнезда (см. рис. 1, в).

Подставив в формулу (17) правую часть соотношения (1), получим

$$\frac{zR_{сп}f_1}{r_1} \operatorname{tg} \alpha_1 = 1$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{r_1}{zR_{сп}f_1}, \quad (18)$$

где f_1 определяется по (16).

Как показывают исследования, точность срабатывания исследуемой АФМ выше, чем муфты-аналога. Она может быть несколько повышена за счет уменьшения коэффициента трения f_2 между втулкой 10 и шпонкой 11, например, путем нанесения на них пластичного смазочного материала. В этом случае коэффициент трения уменьшается примерно в 1,5 раза [1] (для пары трения "сталь–сталь"), а коэффициент точности – в 1,04 раза.

При пренебрежимо малой силе трения между втулкой 10 и шпонкой 11 (например, в случае использования направляющих качения [2]) параметр $C_1 \approx 0$ и предельный коэффициент точности АФМ

$$K_{т1} = \frac{2f_{max}}{f_{min} + f_{max}}.$$

При принятых исходных данных $K_{т1} = 1,78$.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы при расчетах и конструировании АФМ по приведенной схеме для определения ее оптимальных геометрических параметров с целью получения наиболее высоких нагрузочной способности и точности срабатывания.

Выводы

Невысокая нагрузочная способность и относительно низкая точность срабатывания существующих АФМ с отрицательной обратной свя-



зью является следствием ее действия во всем интервале изменения коэффициента трения, в том числе при его минимальных значениях.

Проведенный анализ показал, что нагрузочная способность и точность срабатывания АФМ могут быть повышены путем исключения действия отрицательной обратной связи на участке значений коэффициента трения, примыкающем к нижней границе интервала $f_{\min} \dots f_{\max}$. Разделение режимов действия отрицательной обратной связи осуществляют с помощью автоматически функционирующего дискриминатора, управляющим сигналом для которого служит величина коэффициента трения фрикционной группы муфты.

Исследованием установлено, что для достижения наибольшей точности срабатывания АФМ необходимо, чтобы действие отрицательной обратной связи начиналось при величине коэффициента трения, большей его минимального значения. Указанная величина зависит от минимального и максимального коэффициента трения, числа пар трения фрикционной группы и конструктивного параметра дискриминатора.

Уменьшение конструктивного параметра дискриминатора приводит к увеличению точности срабатывания АФМ, а увеличение числа пар трения фрикционной группы – к ее уменьшению.

При обращении в нуль конструктивного параметра дискриминатора (в случае аномально низкого коэффициента трения между его элементами) АФМ обладает наиболее высокой точностью срабатывания, которая не зависит от числа пар трения фрикционной группы.

Библиографический список

1. Поляков В.С., Барбаш И.Д. Муфты. Конструкции и расчет. 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1973. 336 с.
2. Есипенко Я.И., Паламаренко А.З., Афанасьев М.К. Муфты повышенной точности ограничения нагрузки – Киев: Техніка, 1972. 168 с.
3. Запороженко Р.М. О характеристиках предохранительных фрикционных муфт повышенной точности срабатывания // Изв. вузов. Машиностроение. – 1971. № 1. С. 48–52.
4. А.с. 1682668, МПК⁵ F 16 D 7/02. Предохранительная фрикционная муфта / М.П. Шишкарев (СССР). – № 4671668/27; Заявлено 03.04.89; Опубл. 07.10.91. Бюл. № 37. – 4 с.: ил.



МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА:

учебник для студентов вузов

С.Н. Григорьев

2009. – 368 с.: ил. ISBN 978-5-94275-429-7

Цена 594 р.

Рассмотрены физические и технологические основы современных методов нанесения покрытий, поверхностного легирования, термической, деформационной и комбинированной обработки, исследовано их влияние на физико-механические свойства поверхностного слоя и эксплуатационные показатели режущего инструмента. Приведены материалы, касающиеся оценки качества режущего инструмента после нанесения покрытий и поверхностной модификации, а также ряд других важных вопросов.

Для студентов вузов, аспирантов и специалистов-инструментальщиков, занимающихся разработкой и исследованием различных методов повышения стойкости режущего инструмента.

Гриф УМО.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:

по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 621.865

Ю.З. Житников, д-р техн. наук, профессор ("КГТА им. В.А. Дегтярёва", г. Ковров),
Б.Ю. Житников, д-р техн. наук (ВЮИ, г. Владимир)
 E-mail: kgta_tms@mail.ru

Определение предельных режимов срабатывания схвата работа-манипулятора

Из условия непревышения заданных значений упругопластических деформаций на поверхности заготовки определены предельные режимы срабатывания схвата.

Limiting modes of operation gripper are defined from the condition not excess of preset values of elastic-plastic deformations on a preparation surface.

Ключевые слова: робот-манипулятор, заготовка, упругопластическая деформация, предельные режимы работы.

Key words: manipulation robot, half-finished product, elastic-plastic deformations, limiting working conditions.

При подаче сжатого воздуха в полость пневмоцилиндра срабатывает механизм схвата, и губки 12 (см. рисунок), двигаясь с большой скоростью, ударяют по заготовке или обработанной детали, оставляя на их поверхностях вмятины, что может вызвать брак в производстве.

Найдем предельную скорость движения губки, при которой глубина вмятины на поверхности заготовки или детали не будет превышать заданного значения.

Для звеньев, совершающих вращательное движение вместе с губкой, найдены зависимости предельной угловой скорости ω_0 от физико-механических свойств и параметров заготовки и схвата для случая упругопластической деформации [2]:

$$\omega_0 < 2 \sqrt{\frac{\left(\alpha_y + \frac{1}{3}\delta\right)}{3I_z} \left[[G_{сж}] ba + \frac{1}{3}\pi\delta R \frac{88300}{130 - \text{HRC}} \right]}, \quad (1)$$

где α_y – упругая деформация заготовки (детали) в процессе взаимодействия с губкой;

δ – допуск на размер заготовки, захватываемой губками поверхности;

$[G_{сж}]$ – допустимое напряжение на сжатие материала заготовки;

b – полуось ширины контакта взаимодействия губки с заготовкой при упругой деформации;

a – длина взаимодействия губки с заготовкой;

R – радиус заготовки;

HRC – твердость заготовки по Роквеллу.

Следует заметить, что допустимая пластическая деформация поверхности заготовки находится в пределах одной трети от допуска на размер детали и припуска на обработку.

Упругая деформация поверхности заготовки согласно [3] после преобразования равна

$$\alpha_y = 1,231 \sqrt[3]{\frac{[G_{сж}]^2 4b^2 a^2}{E^2 R}}, \quad (2)$$

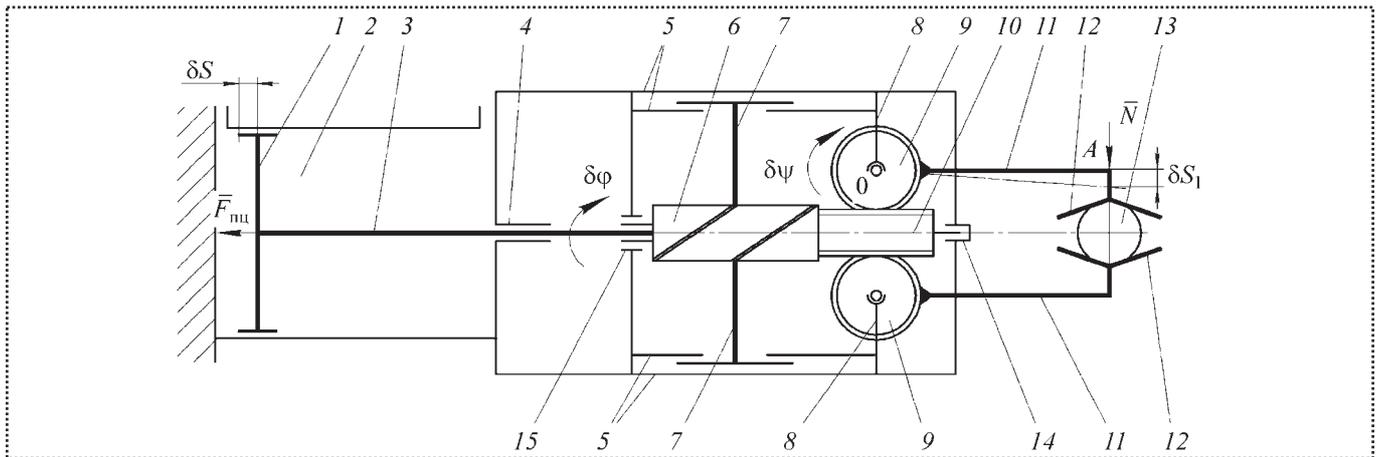
где E – модуль упругости материала заготовки.

Полуось ширины контакта взаимодействия губки и заготовки при упругой деформации поверхности согласно [3] после преобразования имеет вид:

$$b = \sqrt{\frac{1,109^3 [G_{сж}] 2aR}{E}},$$

а при упругопластической деформации

$$b = \sqrt{R^2 - \left[R - \left(\alpha_y + \frac{1}{3}\delta \right) \right]^2}.$$


Кинематическая схема робота-манипулятора:

- 1 – поршень;
- 2 – пневмоцилиндр;
- 3 – шток;
- 4 – направляющая штока;
- 5 – направляющая стержня 7;
- 6 – цилиндрическая втулка с винтовой канавкой;
- 8 – стойка с цилиндрическими подшипниками под зубчатые колеса 9;
- 10 – однозаходный червяк, жестко связанный с втулкой;
- 11 – рычаг;
- 12 – губки для удержания заготовки 13;
- 14 – цилиндрический подшипник червяка;
- 15 – цилиндрический подшипник под ось втулки

Пластическая твердость материала заготовки в МПа и кгс/мм² согласно [3] составляет соответственно:

$$HD = \frac{88300}{130 - HRB};$$

$$HD = \frac{9000}{130 - HRB},$$

где HRB – твердость по Роквеллу.

Момент инерции элементов приспособления, приведенный к оси вращения рычага (точке O), проще всего найти через выражение кинетической энергии [1], которое для подвижных элементов схвата имеет вид:

$$T = T_{п,ш} + T_c + T_B + T_ч + T_к + T_p + T_r. \quad (3)$$

Здесь $T_{п,ш}$ – кинетическая энергия поршня со штоком:

$$T_{п,ш} = \frac{m_{п,ш} V_{п,ш}^2}{2}, \quad (4)$$

где $m_{п,ш}$, $V_{п,ш}$ – их масса и скорость движения;
 T_c – кинетическая энергия стержня:

$$T_c = \frac{m_c V_c^2}{2}, \quad (5)$$

где m_c и V_c – его масса и скорость движения;
 T_B – кинетическая энергия втулки с винтовой канавкой:

$$T_B = \frac{I_B \omega_B^2}{2}, \quad (6)$$

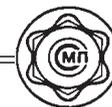
где I_B и ω_B – момент инерции и угловая скорость вращения втулки относительно оси.

Момент инерции втулки без учета винтовой канавки

$$I_B = I_B^H - I_B^B = \frac{m_B^H r_H^2}{2} - \frac{m_B^B r_B^2}{2}, \quad (7)$$

где I_B^H – момент инерции полного цилиндра по наружному диаметру;

I_B^B – момент инерции цилиндра с диаметром, равным внутреннему диаметру втулки;



m_B^H – масса полного цилиндра по наружному диаметру;

r_H – радиус наружной поверхности втулки;

m_B^B – масса цилиндра, соответствующего внутреннему диаметру втулки;

r_B – радиус внутренней поверхности втулки.

Кинетическая энергия однозаходного червяка

$$T_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{ч}} \omega_{\text{ч}}^2}{2}, \quad (8)$$

где $I_{\text{ч}}$ и $\omega_{\text{ч}}$ – момент инерции и угловая скорость вращения червяка относительно оси.

Момент инерции червяка без учета однозаходной канавки

$$I_{\text{ч}} = \frac{m_{\text{ч}} r_{\text{ч}}^2}{2}, \quad (9)$$

где $m_{\text{ч}}$ – масса червяка;

$$r_{\text{ч}} = \frac{D_{\text{к}}}{2} = \frac{m z_{\text{к}}}{2} - \text{его радиус.}$$

Кинетическая энергия червячного колеса

$$T_{\text{к}} = \frac{I_{\text{к}} \omega_{\text{к}}^2}{2}, \quad (10)$$

где $I_{\text{к}}$ – момент инерции червячного колеса относительно оси вращения;

$\omega_{\text{к}}$ – угловая скорость его вращения.

Момент инерции червячного колеса с некоторым приближением (по среднему диаметру зубьев колеса)

$$I_{\text{к}} = \frac{m_{\text{к}} r_{\text{к}}^2}{2}, \quad (11)$$

где $m_{\text{к}}$ и $r_{\text{к}}$ – масса и радиус по среднему диаметру червячного колеса.

Кинетическая энергия рычага без губки

$$T_{\text{п}} = \frac{I_{\text{п}} \omega_{\text{п}}^2}{2}, \quad (12)$$

где $I_{\text{п}}$ – момент инерции рычага относительно оси вращения червячного колеса (точки O);

$\omega_{\text{п}}$ – угловая скорость вращения рычага.

Момент инерции рычага

$$I_{\text{п}} = I_{\text{п}}^u + m_{\text{п}} l_1^2,$$

где $I_{\text{п}}^u = \frac{m_{\text{п}} l_2^2}{12}$ – момент инерции рычага относительно его центра масс;

$m_{\text{п}}$ – масса рычага;

l_1 – расстояние от центра масс рычага до оси червячного колеса;

l_2 – длина рычага.

Окончательно кинетическая энергия рычага

$$T_{\text{п}} = \left(\frac{m_{\text{п}} l_2^2}{12} + m_{\text{п}} l_1^2 \right) \frac{\omega_{\text{п}}^2}{2}. \quad (13)$$

Кинетическая энергия губки

$$T_{\text{г}} = \frac{I_{\text{г}} \omega_{\text{г}}^2}{2}, \quad (14)$$

где $I_{\text{г}}$ – момент инерции губки относительно оси вращения червячного колеса;

$\omega_{\text{г}}$ – угловая скорость ее вращения.

По аналогии с предыдущим окончательно получим

$$T_{\text{г}} = \left[\frac{m_{\text{г}} l_3^2}{12} + m_{\text{г}} (r_{\text{к}} + l_2)^2 \right] \frac{\omega_{\text{г}}^2}{2}, \quad (15)$$

где l_3 – раствор губок.

Выразим линейные и угловые скорости через угловую скорость колеса $\omega_{\text{к}}$. Учитывая, что у червячного колеса, рычага и губки одна ось вращения, получим

$$\omega_{\text{к}} = \omega_{\text{п}} = \omega_{\text{г}}. \quad (16)$$

При взаимодействии червяка и червячного колеса проскальзывание отсутствует, следовательно:

$$\omega_{\text{ч}} = \omega_{\text{к}} z_{\text{к}}. \quad (17)$$



Червяк и цилиндрическая втулка с винтовой канавкой жестко скреплены, следовательно, их угловые скорости равны, т.е.

$$\omega_b = \omega_k z_k. \quad (18)$$

Выразим скорость поступательного движения стержня и поршня со штоком через угловую скорость червячного колеса:

$$v_{п,ш} = v_c = \frac{\omega_b p}{2\pi},$$

где p – шаг винтовой канавки во втулке.

С учетом угловой скорости втулки

$$v_{п,ш} = v_c = \frac{\omega_k z_k p}{2\pi}. \quad (19)$$

Подставляя (4)–(6), (8), (10), (13), (15) в выражение (3) с учетом найденных моментов инерции (7), (9), (11), а также приведенных к оси колеса скоростей движения (16)–(19), после преобразований получим

$$T = \left\{ \frac{m_{п,ш} z_k^2 p^2}{4\pi^2} + \frac{m_c z_k^2 p^2}{4\pi^2} + \left(\frac{m_b^H r_H^2}{2} - \frac{m_b^B r_B^2}{2} \right) \times \right. \\ \left. \times z_k^2 + \frac{m_{ч} r_k^2}{2} z_k^2 + \frac{m_k r_k^2}{2} + \left(\frac{m_p l_2^2}{12} + m_p l_1^2 \right) + \right. \\ \left. + \left[\frac{m_r l_3^2}{12} + m_r (r_k + l_2)^2 \right] \right\} \frac{\omega_k^2}{2}. \quad (20)$$

Таблица 1

Параметры	Значения
Масса, кг:	
пневмоцилиндра и штока $m_{п,ш}$	$0,566 \cdot 10^{-2}$
стержня m_c	$0,004 \cdot 10^{-2}$
втулки m_b	$0,031 \cdot 10^{-2}$
червяка $m_{ч}$	$0,105 \cdot 10^{-2}$
червячного колеса m_k	$0,091 \cdot 10^{-2}$
рычага m_p	$0,025 \cdot 10^{-2}$
губки m_r	$0,152 \cdot 10^{-2}$

Таблица 2

Параметры	Значения
Число зубьев червячного колеса z_k	30
Шаг винтовой канавки втулки p , мм	56,9
Наружный радиус втулки с канавкой r_H , мм	12
Внутренний радиус втулки с канавкой r_B , мм	10
Радиус червяка $r_{ч}$, мм	13
Радиус червячного колеса по делительной окружности r_k , мм	30
Расстояние от центра масс рычага до центра масс колеса l_1 , мм	80
Длина рычага l_2 , мм	50
Длина губок l_3 , мм	70

Таблица 3

Параметры	Значения
Допустимое напряжение сжатия материала заготовки $[G_{сж}]$, кгс/см ²	1200
Полуось ширины пятна контакта губки с заготовкой b , мм	2,316
Длина взаимодействия губки с заготовкой a , мм	16
Допуск на диаметр, мм:	
обработанной поверхности	0,046
детали δ_d	0,740
заготовки δ_z	1,5
Радиус заготовки R	30
Твердость материала заготовки HRC	22
Приведенный к оси вращения момент инерции элементов схвата и губок I_z , кгс·см·с ²	$521,5 \cdot 10^{-3}$

В последнем выражении коэффициент перед $\frac{\omega_k^2}{2}$ и есть момент инерции I_z элементов схвата и губок, приведенный к оси вращения червячного колеса.

Исходные данные для расчета I_z приведены в табл. 1 и 2. Воспользуемся этими данными и выражением (20) и найдем момент инерции подвижных частей элементов схвата, приведенный к оси вращения рычага с губкой:

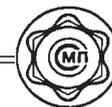


Таблица 4

Вид поверхности (деформация)	Допуск на диаметр поверхности заготовки при захвате губками схвата, мм	Предельная угловая скорость вращения рычага ω_0 , c^{-1}	Предельная частота вращения рычага n_0 , $мин^{-1}$	Предельная линейная скорость движения губки v_0 , $см/с$
Обработанная (упругая)	0,046	0,855	8,2	6,84
Необработанная (упругопластическая)	0,74	7,77	74,25	62,16
Необработанная (упругопластическая)	1,5	13,44	128,4	107,56

$$I_z = 521,5 \cdot 10^{-3}, \text{ кгс} \cdot \text{см} \cdot \text{с}^2.$$

Данные для расчета предельной угловой скорости вращения рычага с губкой приведены в табл. 3, а результаты расчета – в табл. 4.

Таким образом, определены предельные режимы срабатывания элементов схвата в зависимости от точности размера заготовки, а также от заданного значения упругопластической деформации ее поверхности при ударе губкой.

Библиографический список

1. Бутенин Н.В., Лунц Д.Р., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: В 2-х т.: Учебник для вузов (МО). Т. 1, 2: Статика и кинематика. Динамика. 5-е, 6-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2004. 736 с.
2. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, А.Г. Схиртладзе и др. под общ. ред. Ю.З. Житникова. – Ковров: КГТА, 2008. 616 с.
3. Дрозд М.С., Матлин М.М., Сидякин Ю.И. Инженерные расчеты упругопластической контактной деформации. – М.: Машиностроение, 1986. 224 с.

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

- Технология и организация сборки
- Размерные цепи
- Современные методы сборки
- Ориентирование деталей при сборке
- Инструмент для сборки
- Сборочное оборудование
- Робототехнические комплексы
- Гибкие ячейки, гибкие системы
- Сборка-сварка. Сборка-пайка
- Сборка с использованием клея
- Испытания и контроль
- Подготовка деталей к сборке
- Особенности сборки подшипников, редукторов, коробок переключения передач, приборов и т.д.
- "Деликатная" сборка хрупких и миниатюрных изделий
- Разборка и ремонт, консервация
- Изобретения и патенты
- Зарубежный опыт
- Подготовка специалистов
- Нормативная документация



Журнал распространяется только по подписке

Подписные индексы по каталогам:

84967 "Пресса России";

79748 "Роспечать";

60257 "Почта России"

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Россия, 107076, Москва, Стромьинский пер., д. 4, ООО "Издательство Машиностроение", редакция журнала "Сборка в машиностроении, приборостроении"
Тел.: (499) 268 38 42. Факс (499) 269 48 97. E-mail: sborka@mashin.ru. Http://www.mashin.ru

УДК 621.43.001.573

А.А. Макушин, канд. техн. наук

(Камская государственная инженерно-экономическая академия)

e-mail: alma9497@mail.ru

Особенности сборки автомобилей и узлов

На основании опыта работы предприятий автомобилестроения (КамАЗа, ЕлАЗа, зарубежных предприятий) дан анализ особенностей технологических процессов сборочного производства. Полный цикл сборки автомобилей, двигателей, агрегатов и их узлов включает транспортные, моечные, крепежные, запрессовочные, регулировочные, балансировочные, смазочные, клепальные, сварочные, контрольные, испытательные, обкаточные и другие операции.

Which basis on experience of work automotive industry enterprises (KamAZ, EIAZ, the foreign enterprises) is given the analysis of features of technological processes of assembly manufacture. The full cycle of assembly of cars, engines, units and their knots engages transport, washing, fixing, adjusting, balancing, lubricant, welding, control, test and other operations

Ключевые слова: сборка автомобилей, двигатели, технология сборки, размерная цепь, резьбовые соединения, болтовые соединения, технологические оснастка и оборудование, усилие затяжки, балансировка, гайковерт, обеспечение качества, испытания, контроль, технологические режимы, рекомендации по проектированию производственных процессов, сварное соединение, роль сборки в обеспечении качества.

Key words: assembly of cars and trucks, engines, assembly technology, dimension chain, thread connections, bolted joints, production tools and equipment, tightening forces, balance, nut wrench, quality assurance, testing, monitoring, operating technology, instructions on designing of manufacturing, welded joint, assemblage role in quality maintenance.

Технологический процесс сборочного производства

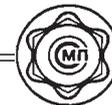
Ответственность за качество и безопасность автомобильных транспортных средств перед потребителями несут автосборочные предприятия, поскольку сборочное производство — ключительный этап изготовления продукции,

который определяет эксплуатационные свойства автомобиля или его элементов: двигателя, агрегатов, узлов.

Как показывает анализ, в механосборочном производстве сборочные процессы узловой и общей сборки составляют от 30 до 40 % всей трудоемкости изготовления автомобиля. Остаются высокими и затраты на выполнение сборочных работ вследствие большой доли ручного труда и использования рабочих высокой квалификации.

В настоящее время рыночные условия и необходимость удовлетворения запросов потребителей ставят задачу непрерывного увеличения номенклатуры моделей и модификаций автомобилей, что требует разработки и претворения в жизнь мероприятий по интенсификации сборочного процесса. Главной задачей автомобилестроения является совершенствование технологии сборочного производства, технологической оснастки и оборудования, сокращение живого труда, освобождение рабочих от выполнения тяжелых и монотонных работ. Сборка органически связана со всеми предшествующими процессами. При изготовлении конкурентоспособного автомобиля высокого качества сборке принадлежит решающая роль. В связи с этим сборочным процессам в автомобилестроении уделяется особое внимание.

Технологическая подготовка сборочного производства включает в себя разработку технологических процессов, проектирование и изготовление специальной оснастки, нестандартного оборудования, выполнения необходимых расчетов, планировок. Основной и наиболее важной частью технологической



подготовки сборочного производства является проектирование технологического процесса сборки [1], которое включает следующие этапы:

- постановка задачи проектирования технологического процесса сборки, которая заключается в установлении связей между объектом и технологией его изготовления при заданных условиях производства;
- установление соответствия между служебным назначением изделия и нормами его точности. Служебное назначение изделия должно включать перечень условий его работы. Технические требования и нормы точности вытекают из служебного назначения машины и являются результатом преобразования количественных и качественных показателей служебного назначения в показатели размерных связей и исполнительных поверхностей;
- предварительный выбор организованной формы сборки, которая определяет структуру технологической операции во времени, характер перемещения объекта сборки, степень синхронности сборочных операций;
- разработка схемы конструктивно-технологического разбиения изделия, которая устанавливает последовательность разделения множества деталей на подмножества сборочных единиц в порядке убывания их сложности вплоть до деталей.

Производственная технологичность изделия на стадии изготовления определяется свойствами его конструкции, позволяющими обеспечить наилучшим образом нормы точности. Эксплуатационная технологичность определяется возможностью доступа к деталям сборочных единиц в эксплуатации для измерения параметров точности или выполнения регулировочных и смазочных работ. Ремонтная технологичность определяется доступом для замены изношенных деталей, а также их последующей установки в сборочную единицу во время ремонта;

- выявление взаимосвязанных размерных цепей. Служебному назначению изделия соот-

ветствует набор замыкающих звеньев, а каждому из них — своя сборочная размерная цепь;

- выбор технологического метода достижения заданной точности замыкающих звеньев;
- постановка и решение задачи размерного анализа;
- выбор последовательности сборки;
- формирование условий автоматической сборки.

На различных этапах проектирования технологического процесса сборки возникают задачи по разработке операционной технологии сборки, нормированию времени, определению типа сборочного оборудования, технико-экономической оценке вариантов сборки, типизации технологических процессов, контролю качества сборочных единиц, испытаниям изделия.

Организация технологического процесса сборочного производства

По сложившейся на автомобильных заводах практике технологические процессы сборочного производства разделяют на две основные категории — CKD и SKD (KD — Knocked Down, т.е. "разобраный"). Самая сложная технология — CKD (Completely Knocked Down) — сборка "полностью разобранных" машинокомплектов. Это полноценное производство, которое уже многие десятилетия функционирует на заводах КамАЗ, АвтоВАЗ, ГАЗ, УАЗ, развивается на автосборочных предприятиях ТагАЗ, Ford, Toyota и Sollers.

Технологические процессы SKD (Semi Knocked Down) — сборка "частично разобранных" автомобилей. Различают четыре ее градации. Самая простая SKD 0, которую иногда называют DKD (Disassembled Knock Down): с уже готового автомобиля снимают двигатель, коробку передач, подвеску и некоторые более мелкие узлы (зеркала, фары, бамперы и т.д.), чтобы провести через таможню в качестве машинокомплекта. По такой технологии работают, например, завод Volkswagen в Калуге, предприятия в Новоуральске и Гжели, где собирают внедорожники Great Wall.

Технологии SKD 1, 2 и 3 предусматривают увеличение числа операций сборочного про-



изводства, а наиболее "продвинутый" уровень – мелкоузловая сборка SKD 4 или MKD (Medium Knocked Down – "наполовину разобраный"). В этом случае на завод приходят каркасы окрашенных кузовов и полный набор комплектующих. Конечно, сборка автомобилей из таких комплектов требует гораздо больше времени и ресурсов, чем крупноузловая, но в итоге стоимость машины должна оказаться ниже, а степень локализации производства – выше. Примеры такого подхода – автозаводы Sollers в Набережных Челнах и Елабуге.

Основные технологические процессы сборки автомобилей

Автомобиль состоит из большого числа сложных агрегатов и узлов, которые имеют сложную структуру. Так, современный грузовой автомобиль включает более 1400 узлов, состоящих из 5000 деталей. Двигатель внутреннего сгорания автомобиля включает около 300 узлов и 1400 деталей. В него входят такие сложные системы и агрегаты, как кривошипно-ползунный и газораспределительный механизмы, системы охлаждения, смазки, питания и т.д. Примером сборочной группы может служить система питания, которая состоит из 25 сборочных подгрупп. Наиболее сложные из них – топливные насосы высокого и низкого давления, топливный бак, топливоподкачивающий ручной насос и т.д. Топливный насос высокого давления включает в себя несколько десятков узлов и деталей.

При разработке новых технологических процессов сборки автомобилей, двигателей, агрегатов и узлов сложные процессы разбивают на сравнительно простые операции. Полный цикл сборки узлов включает сборочные, смазочные, балансировочные, транспортные, контрольные и испытательные операции. По технологическому признаку наиболее широко распространены резьбовые, прессовые, заклепочные, вальцовочные, сварные, паяные, клеевые соединения, осуществляемые гибкой и др.

Основные требования, которым должны удовлетворять *резьбовые соединения* – соот-

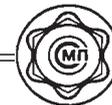
ветствие эксплуатационным нагрузкам и исключение самоотвинчивания в различных условиях работы. Большинство резьбовых соединений двигателей и автомобилей работают в тяжелых условиях. Так, шатунные болты двигателя воспринимают знакопеременные растягивающие нагрузки до 3000 Н с частотой 2900 Гц. Большая группа резьбовых соединений пневмо- и гидросистем должна обеспечивать герметичность соединений при давлении соответственно до 16 и 8 МПа.

В автомобилестроении распространены соединения с натягом. *Сборку с натягом* проводят механическим способом (запрессовкой) или термомеханическим (путем нагрева охватываемой детали или охлаждения охватываемой). Запрессовку применяют при сборке главной передачи, коробки передач (запрессовывают кольца подшипников в корпус и на валы), мостов и передних осей (запрессовка колец подшипников в барабаны и ступицы, на цапфы картера).

При сборке двигателя используют соединение с натягом, которое осуществляется термомеханическим способом. В этом случае не требуется значительной силы запрессовки, исключается возможность уменьшения натяга, происходящего при холодной запрессовке из-за сминания неровностей сопрягаемых поверхностей, и, таким образом, возрастает гарантированный натяг в соединениях.

Так, при сборке алюминиевого поршня со стальным пальцем первый нагревается до температуры 90–110 °С. При сборке шатуна с втулкой последнюю охлаждают в жидком азоте до –189 °С, аналогично осуществляют сборку чугунных седел клапана с алюминиевой головкой. Также широко применяют соединения с натягом при запрессовке разрезных подшипников скольжения.

Клепальные операции применяют при сборке рам, тормозных накладок с колодками, дисков сцепления с накладками, лопастей со ступицами вентиляторов, крышки с корпусом регулирующего рычага.



Пайку используют для соединения наконечников топливной арматуры.

Сварка – способ получения неподвижных неразъемных соединений с заданными прочностными свойствами. Возможно обеспечение значительной механизации и автоматизации процесса. Сварку широко используют в производстве агрегатов, кабин, кузовов, топливных баков. Грузовой автомобиль содержит около 760 сварных узлов общей массой более 2000–2500 кг. Дуговой сваркой получают более 110 м сварных швов, шовной – 8 м. Контактной сваркой кабины, бортов и других узлов выполняют более 8000 сварных точек.

Сварка каркаса кабины грузового автомобиля включает соединение между собой точечной сваркой шести узлов: основания, передней и задней панелей, крыши, левой и правой боковин (520 сварных точек). Для точечной сварки применяют машины: подвесные сварочные, стационарные, полуавтоматические многоточечные, автоматические. Для соединения элементов со штампованным рельефом применяют рельефную сварку на стационарных машинах. Так проводят сварку тормозных колодок, приварку бонок к днищу воздушных баллонов, полученных штамповкой. Ряд узлов (топливные баки, трубы, глушители и т.д.), требующих по условиям работы герметичности швов, изготавливают контактной роликовой сваркой. Автоматическую дуговую сварку используют для кольцевых и продольных швов воздушных баллонов, патрубков с глушителем и трубами, картеров мостов, втулок карданных валов. При соединении других узлов применяют полуавтоматическую дуговую сварку.

При сборке-сварке кабин должны быть четко определены координаты сварных точек. Отклонение от точности изготовления и жесткость конструкции компенсируют нахлестами собираемых деталей и сваркой в кондукторах, которые на время сварки восстанавливают форму и размеры собираемых деталей. После сварки коробчатая конструкция кабины приобретает жесткость, однако точность ее формы все же недостаточно высока.

Для сварки кузовов легковых автомобилей используют оборудование, которое занимает площадь до 7300 м². Максимальная мощность линии такого сварочного комплекса – 40 тысяч кузовов в год. Для сварки кузова требуется более 120 деталей, которые поступают с заводов-изготовителей компонентов кузовов, самые крупные из которых – днище, панель боковины, навесные двери и капот.

Сварку кузовов проводят на двух параллельных линиях как в ручном, так и в автоматическом режиме. Сварочная линия представляет собой 28 соединенных транспортных секций с перемещающимися по ней 27 транспортными тележками (пантографами), два главных кондуктора (весом по 30 т) для придания требуемых геометрических параметров кузовам, два робота для сварки крыши, проверки ветрового проема и проемов боковых дверей. Затем следуют участки доварки кузова клещами (при необходимости после этой операции можно снять и измерить кузов), установки навесных узлов (дверей, крыльев, капота) и рихтовки. После этого кузов поступает на окраску.

Сваркой трением и инерционной сваркой в грузовом автомобилестроении получают 10 узлов (штанги, тяги, цапфы, картеры мостов и т.д.). Сварка трением позволяет соединять детали из стали различных марок с обеспечением высоких прочностных свойств.

Контрольные операции обеспечивают проверку правильности ориентации деталей, контроль размеров и подбор при необходимости деталей по группам, контроль качества сборки. Например, на линии сборки двигателя автоматически контролируется расстояние от плоскости прилегания прокладки головки цилиндров до образующей шатунной шейки коленчатого вала.

Контроль сборки-сварки кузова легкового автомобиля и исследование геометрических параметров кузова проводят в лаборатории с условно постоянной внутренней температурой 20 °С. Постоянство температуры необходимо в целях обеспечения минимальных температур-



ных деформаций металла как исследуемого объекта, так и самой измерительной машины.

В лабораториях многих автосборочных заводов используют современную координатно-измерительную машину фирмы Carl Zeiss (Германия), известной высококлассными оптическими приборами. С помощью этой машины проверяют качество сварки кузова. Принцип работы машины сводится к замеру трех координат исследуемой точки сварки при помощи тактильного щупа. Кузов автомобиля проверяют по 453 точкам, характеризующим его геометрические параметры. Для замера этих точек (замеряемые объекты – отверстие, паз) необходимо провести более 3000 касаний тактильным щупом. Машина способна проводить измерение по заданной программе без участия человека. Кузова проверяют выборочно. Обо всех выявленных несоответствиях передают информацию в цех, где в технологический процесс вносят необходимые изменения.

Координатно-измерительная машина представляет конструкцию из двух стоек и плит. Стойки необходимы для проведения замеров одновременно с двух сторон автомобиля. Такие измерительные машины используют в основном для замеров автомобилей, так как они характеризуются большим диапазоном измерений и приемлемой точностью. В нашей стране машины такого класса применяют на крупнейших автомобильных заводах.

Система оценки геометрических параметров сваренного кузова сводится к процентному показателю количества точек в допуске относительно всех исследуемых точек кузова. По первым результатам замеров качество сваренных кузовов составляет 68–70 % точек в допуске при необходимых 60 %. В лаборатории проводят измерение кузовов разных моделей, поскольку универсальность оборудования позволяет быстро его перенастраивать.

В автомобиле- и двигателестроении испытание является завершающей операцией в технологическом процессе сборки. Во многих случаях испытательные стенды входят в состав оборудования сборочной линии.

Собранный узел (а также автомобиль в сборе, двигатель, агрегат) признается годным, когда он пройдет испытания. Исходя из высоких требований к качеству, безопасности и экологичности автомобиля и его сборочных единиц испытательное оборудование должно обеспечивать объективную проверку заданных параметров, высокую производительность и снижение ручного труда на установочных операциях. Основные агрегаты и узлы подвергают 100%-ной проверке, с тем чтобы гарантировать качество каждого из них. Большинство испытательных стендов автоматизировано и участие оператора сводится к подключению шлангов, кабелей, пуску стенда и визуальному контролю за показанием приборов.

На испытательной линии проводят настройку и проверку всех основных систем и характеристик легковых автомобилей. Линия состоит из трех основных и двух вспомогательных стендов, расположенных последовательно:

- стенд для выполнения регулировки развала-схождения колес, угла продольного наклона передней оси, а также регулировки света передних фар;
- стенд для проверки динамических характеристик автомобиля (разгон, торможение, работа ABS и т.д.);
- стенд для проверки характеристик двигателя автомобиля в прогретом состоянии;
- дождевальная установка для испытаний герметичности автомобиля;
- оборудование для кодировки охранных систем автомобиля.

С испытательной линии легковой автомобиль перемещают в бестеневую зону для проверки качества лакокрасочного покрытия (ЛКП). Она представляет собой два отдельных коридора с освещенностью 1000 лк. Здесь выявляют все дефекты покрытия, а мелкие здесь же и исправляют. В случае наличия средних и тяжелых дефектов автомобиль перемещают на участок ремонта лакокрасочных покрытий. После того как покрытие автомобиля признается соответствующим нормам, автомобиль считают готовым и отгружают на склад.



Автомобиль и такие узлы, как двигатель, коробка передач, мосты, масляный насос, раздаточная коробка и др. проходят *обкатку*, которую, как правило, осуществляют на тех же стендах, на которых проводят испытания. Учитывая, что при обкатке идет приработка подвижных соединений и образуются продукты изнашивания, после нее заменяют залитое перед испытаниями масло. Испытания на герметичность большинства узлов проводят на сборочных линиях.

Важнейшее условие нормальной работы подвижных соединений – надежная *смазка* трущихся пар. Жидкостную смазку трущихся пар двигателя проводят путем непрерывной подачи масла насосом с приводом от коленчатого вала двигателя. Смазывание трущихся пар коробки передач и главной передачи осуществляют разбрызгиванием масла, захватываемого шестернями из масляной ванны картера.

Узлы большой массы с высокой частотой вращения в процессе работы при сборке подвергают *балансировке*. Коленчатый вал балансируют в линии механической обработки. Балансировочная машина определяет величину и направление действия дисбаланса при вращении вала, после чего дисбаланс устраняют сверлением отверстий в противовесах вала. Этот процесс выполняется автоматически. Аналогично балансируют ведущие диски сцепления, шкив привода вентилятора, карданный вал и т.д. в полуавтоматическом режиме. Загрузку и разгрузку проводят вручную. Дисбаланс карданного вала устраняют приваркой к поверхности вала накладок контактной сваркой. Балансировку колес ведут на линии сборки. Дисбаланс устраняют механическим креплением грузиков на обод колеса.

Анализ требований к конструкции деталей и сборочных единиц

В массовом производстве, каким является производство грузовых и легковых автомобилей, стабильность и трудоемкость сборки зависят от технологичности конструкции дета-

лей и узлов собираемых изделий. Требования к взаимозаменяемости и технологичности конструкции деталей и узлов в автомобилестроении значительно возрастают по сравнению с мелкосерийным производством.

В сборочных процессах в автомобилестроении должны быть полностью исключены пригоночные работы (притирка, шабрение, сверление отверстий по месту) и процессы, имеющие низкую производительность или требующие обработки без четкой координации инструмента. Так, в линии сборки головки цилиндра автомобиля должна быть полностью исключена притирка клапанов. Прилегание клапанов к их седлам, отклонение от соосности седел и направляющих клапанов обеспечиваются с точностью 30–50 мкм высокопроизводительным процессом расточки седла на автоматической линии обработки головки. Исключение подгонки при возрастающих требованиях к точности параметров деталей и узлов достигается за счет соответствующих процессов изготовления деталей и совершенствования методов контроля.

В линиях механической обработки осуществляется 100%-ный контроль наиболее важных размеров. Сложные детали контролируют на установках для комплексного контроля. Так обеспечивается полная взаимозаменяемость деталей, поступающих на сборку. В случаях, когда механическая обработка не позволяет обеспечить необходимую точность сборки, вводят компенсаторы. При сборке конических зацеплений главных передач под крышки подшипников устанавливают регулировочные прокладки, подбирая пакет нужной толщины. Кроме того, вводят корректировку на компенсацию погрешности изготовления картера.

Для обеспечения необходимых точностных характеристик собранных узлов при изготовлении редуктора картеры разбивают на четыре размерные группы в зависимости от износа инструмента. Номер группы картера выбивают на его поверхности и в зависимости от группы



сборщик добавляет необходимое число прокладок под крышки подшипников.

Для обеспечения необходимых размеров камеры сгорания двигателя поршни делят на четыре размерные группы с шагом 0,11 мм в зависимости от расстояния между осью поршневого пальца и торцом. При сборке двигателя замеряют размер от шатунной шейки коленчатого вала до уплотнительного торца гильзы и в зависимости от него выбирают поршень необходимой группы. Таким образом исключается механическая подгонка деталей при сборке, хотя для этого и понадобилось дополнительное оборудование.

Достаточно технологичны для сборочного производства в автомобилестроении конструкции таких агрегатов и узлов, как двигатель, коробка передач, главная передача, мосты, карданные валы, масляный насос системы смазки и жидкостный насос системы охлаждения двигателя, реактивная штанга и др. Эти узлы и агрегаты имеют базовую деталь, как правило, представляющую собой жесткую и точную конструкцию. Заготовкой базовой детали в большинстве случаев служит отливка. Литьем получают заготовки блока цилиндров, корпуса коробки передач, делителя, гидромуфты привода вентилятора, головок цилиндра, картера маховика, главной передачи и др., горячей штамповкой — детали картера моста, балки передней оси, коленчатого вала, а холодной штамповкой — базовые детали рамы.

Базовые детали перечисленных узлов, как показывает практика, обрабатывают на автоматических линиях, что гарантирует стабильную точность сопрягаемых размеров. Достаточная жесткость конструкции базовых деталей практически исключает возможность их деформации при обработке, транспортировке и сборке. Погрешность расположения резьбовых отверстий под крепление головок цилиндров, крышек подшипников, впускных и выпускных коллекторов, картера маховика должна находиться в пределах $\pm 0,03$ – $0,10$ мм, что достаточно для сборки блока.

Важнейшее условие при сборке — *отсутствие заусенцев и загрязнений* на посадочных поверхностях и в рабочих полостях деталей. Для этого вводят финишные операции: вибро- и гидроабразивную обработку, зачистку, направленную мойку и прокачку маслоканалов. Для обеспечения высокого качества сборки поверхности базовых деталей, на которые крепят детали агрегатов, должны быть расположены достаточно удобно для размещения на обрабатывающем оборудовании. Крепление сопрягаемых деталей к базовой осуществляется с помощью болтов и шпилек, ввертываемых в ее резьбовые отверстия, что облегчает автоматизацию резьбозавертывающих операций.

Сложнее решить проблемы совершенствования технологических процессов сборки, когда базовые детали, особенно крупногабаритные и пространственные, получены холодной штамповкой. В этом случае возможны такие отклонения от размеров, заданных чертежом, что имеющиеся технические средства затрудняют осуществление сборки с необходимыми требованиями. Основными факторами, отрицательно влияющими на обеспечение качества сборки узлов с базовыми холодноштампованными деталями, являются нежесткость деталей, затрудняющая их ориентацию при выполнении сборочных операций, и значительная погрешность в размерах и форме деталей, накапливающаяся на переходах штамповки.

Сборка рамы грузового автомобиля. Рама состоит из левого и правого лонжеронов, поперечин, усилителей, кронштейнов крепления двигателя и др. Сборку рамы начинают с установки на лонжерон кронштейнов и усилителей и их клепки. Практика показывает, что взаимное расположение отверстий под крепление какой-либо одной детали, например кронштейна крепления кабины, достаточно точное (отклонение взаимного расположения отверстий $\pm 0,1$ мм), однако, учитывая, что на лонжероне крепятся несколько деталей, необходимо, чтобы отверстия имели смещение от-



носителем одного базового отверстия $\pm 0,2$ мм.

Сборка кабины и общая сборка грузового автомобиля – завершающие технологические процессы сборочного производства, наиболее сложные и трудоемкие. *Специфика сборки кабины* заключается в том, что при достаточно больших размерах кабина не имеет какой-либо точной базы, от которой могли бы перемещаться механизмы к месту выполнения операций. Так, обивку кабины крепят к каркасу самонарезными винтами вручную. К числу сложных операций относятся установка передних и задних стекол, крепление элементов пневмосистемы на передней панели и др. При общей сборке автомобиля из многих факторов, затрудняющих технологический процесс, следует выделить ограниченность пространства для манипулирования механизмов при выполнении операций внутри рамы из-за большой плотности расположения деталей и узлов.

Анализ технологических процессов сборочного производства показывает, что, исходя из современных технологических средств, не поддается механизации и автоматизации установка и закрепление жгутов проводов и трубопроводов пневмосистемы, кронштейнов балансирующей подвески, балансирующей подвески передней оси кабины. Установку карданного вала, глушителя, поперечной тяги рулевой трапеции и закрепление этих узлов можно проводить только вручную с использованием гайковертов. Поддается автоматизации установка и закрепление колес, подача масла, смазочных охлаждающих жидкостей и топлива, прокачка систем гидроусилителя руля и сцепления. Установку и крепление двигателя и радиатора можно проводить полуавтоматически с закреплением вручную при помощи механизированного инструмента.

Выбор технологической схемы сборочного производства

Под технологической схемой сборочного производства понимают разбивку процесса

сборки на операции, определение их последовательности, планировку расположения сборочного агрегата (линии) с учетом межоперационного накопления собираемых узлов на различных стадиях сборки, зон ремонта (исправления дефектов). Такая схема должна включать схему питания сборочных позиций комплектующими деталями, узлами и т.д.

При разработке схемы сборки необходимо учитывать число деталей и узлов, входящих в изделие; годовую программу выпуска; массу изделия; экономическую целесообразность механизации и автоматизации; согласование размеров, их предельных отклонений, взаимного расположения поверхностей деталей и узлов; целесообразность сборки изделия (узла) в едином потоке или с его разделением на несколько самостоятельных процессов [2].

Конечной целью разработки схемы сборки является выбор вида сборочного оборудования, наиболее приемлемого для данного конкретного случая. Как правило, разработка и внедрение технологии и оборудования для сборки ведется в такой последовательности: технологический анализ собираемого узла (изделия); разработка процесса сборки; составление схемы сборки и задания на проектирование оборудования; конструкторский анализ изделия и процесса сборки; разработка технического проекта оборудования; выполнение рабочего проекта оборудования.

Выводы

На всех этапах требуется глубокий анализ собираемого узла, технологии сборки и конструкции оборудования. Технологический анализ собираемого изделия следует проводить, как правило, еще на стадии создания его конструкции. Цель анализа – повышение технологичности конструкции за счет сокращения числа и номенклатуры оригинальных деталей и исключения мест, не удобных для выполнения сборочных операций. Такой анализ в первую очередь касается изделий крупносерийного и массового производства, а также этапов жизненного цикла авто-



мобилья и его элементов, таких как эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт.

При разработке технологического процесса и схемы сборки необходимо выполнить несколько вариантов с применением различного оборудования, чтобы путем технико-экономического анализа выбрать из них оптимальный. Анализ возможностей различного сборочного оборудования и оценки оптимальности линии сборки можно проводить по ее вероятной работоспособности на основании расчета коэффициента готовности сборочной линии [2]. После проектирования технологического процесса и обеспечения его приспособлениями, оснасткой, инструментом требуются отработка пробной партии сборочных единиц, испытания, выявление причин отклонений от технических условий, доводка и отладка всех элементов процесса.

Технологический процесс сборочного производства разрабатывают с учетом характеристик собираемого узла. Конечная цель разработки – получение последовательности сборки, которая обеспечит минимальную ее трудоемкость и заданное качество собираемого изделия.

При этом необходимо учитывать, что от первой до последней операции сборки любое техническое устройство при его массовом производстве проходит через руки множества людей.

Даже при одинаковой квалификации и технологии сборки исполнители могут приносить массу специфических особенностей, влияние которых на качество изделия может быть как положительным, так и отрицательным [3, 4].

При разработке нового технологического процесса сборочного производства необходимо определить набор параметров, характеризующих его преимущества по сравнению с существующими. Новые технологические процессы сборки автомобилей, двигателей, агрегатов и их узлов, технологическое оборудование и оснастка внедрены на предприятиях автомобилестроительной отрасли и автосборочных заводах.

Библиографический список

1. Кузьмин В.В., Схиртладзе А.Г. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения. – М.: Высшая школа, 2009. 279 с.
2. Черный А.Г. Показатели надежности несинхронной сборочной линии и организация ее технического обслуживания // Вестник машиностроения. 2007. № 1. С. 53–56.
3. Малкин В.С., Бугаков Ю.С. Особенности сборки карданных шарниров автомобилей ВАЗ // Автомобильная промышленность. 1982. № 9. С. 26.
4. Бугаков Ю.С., Малкин В.С. "Человеческий фактор" и качество сборки узла // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2006. № 11. С. 3–8.



КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТРАКТОРОВ:

учебник для студентов вузов.

В.М. Шарипов

Цена 693 р.

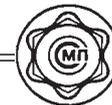
2009. – 752 с. ISBN 978-5-94275-437-2

Рассмотрены основные принципы конструирования и расчета тракторов. Приведены методики расчета сборочных единиц и деталей, характеристики используемых материалов.

2-е издание (1-е изд. 2004 г.) переработано и дополнено разделами по гидродинамическим передачам, гусеничному движителю и гидрообъемному рулевому управлению.

Для студентов высших учебных заведений, изучающих конструирование и расчет тракторов и автомобилей, а также для инженерно-технических работников, занимающихся разработкой новых и совершенствованием существующих моделей тракторов.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 621.75

В.А. Прилуцкий, д-р техн. наук, профессор кафедры "Технология машиностроения"
(Самарский государственный технический университет)
E-mail: metod81@yandex.ru

Повышение точности сборки подвижных цилиндрических соединений

Изложена сущность нового способа сборки подвижных цилиндрических соединений. Приведен пример его реализации для соединения пиноли с задней бабкой токарно-винторезного станка. Новый способ позволяет повысить точность и долговечность соединений.

In the article the essence of a new way of assembly of mobile cylindrical connections is stated. The example of its realization for mobile connection of engine lathe is resulted. The way allows increasing the accuracy and durability of connections.

Ключевые слова: точность, сборка, подвижные цилиндрические соединения.

Key words: accuracy, assembly, mobile cylindrical connections.

Цилиндрические подвижные соединения широко распространены в машинах, в частности, в станкостроении. В таких соединениях с продольным вдоль оси перемещением (при ограничении поворота вокруг оси симметрии) предъявляются все более высокие требования к надежности работы, которые касаются, прежде всего, обеспечения износостойкости и точности перемещения.

Примерами таких соединений в металлорежущих станках являются шпиндельные бабки вертикально-сверлильных и координатно-расточных станков, задние бабки токарных, круглошлифовальных станков и др. Сборка таких соединений по методу полной взаимозаменяемости не обеспечивает названных требований. Для повышения качества сборки цилиндрических подвижных соединений следует применять метод индивидуальной селекции.

Частично результаты разработки и применения такой технологии изложены в работах [1, 2]. Однако если в цилиндрическом подвижном соединении применено дополнительно и другое соединение, например шпоночное, то вопрос обеспечения более высокой точности остается открытым.

Новый способ сборки [3] позволяет решить названную задачу. Рассмотрим его применение на примере изготовления соединения наружной цилиндрической поверхности пиноли с поверхностью сквозного цилиндрического отверстия корпуса задней бабки токарно-винторезных станков (16К20 П и др.).

Обычно полностью изготовленные корпус задней бабки и пиноль поступают в сборочный цех для окончательной сборки. Поверхность пиноли подвергают чистовому и тонкому шлифованию, а отверстие корпуса – черновому и чистовому хонингованию. Следовательно, повысить точность этого соединения можно только за счет более тщательной и более дорогой обработки названных поверхностей, что экономически не выгодно. Недостаток данного способа сборки заключается в том, что рабочие поверхности соединяют при окончательной сборке не в самом лучшем их относительном положении, поэтому и не обеспечивается достаточное время работоспособности соединения.

При продольном перемещении деталей с охватываемой и охватывающей поверхностями (штока и втулки) подвижного цилиндрического соединения их оси имеют меняющиеся относительные смещения, величина и знак которых зависят от характера изменения формы рабочих контактирующих поверхностей



штока и втулки. Чтобы можно было прогнозировать траекторию относительного перемещения штока и втулки, их износ и максимальное время работоспособности соединения, в новом способе сборки предлагается измерять, а затем анализировать отклонения от круглости не менее чем в четырех сечениях. При увеличении числа сечений точность прогноза повышается, однако возрастает трудоемкость измерения и анализа. Существует критическое число сечений, меньше которого прогноз будет недостоверным. Таким критическим числом сечений принято четыре.

Сущность способа сборки заключается в том, что после измерения сопрягаемых поверхностей и анализа их отклонений от круглости на обе сопрягаемые детали наносят метки и соединяют их при взаимном угловом смещении меток на угол φ . Величину этого угла определяют из условия обеспечения максимального времени работоспособности соединения:

$$T_{\max} = f(\sigma_a^2 \bar{x}_a, \sigma_\gamma^2, \bar{x}_\gamma),$$

где σ_a^2, \bar{x}_a – дисперсия и математическое ожидание зазоров в соединении для текущего угла φ_k ;

$\sigma_\gamma^2, \bar{x}_\gamma$ – дисперсия и математическое ожидание скорости изнашивания для угла φ_k ;

$k = 1..n$; n – число рассматриваемых положений в поперечном сечении соединения.

Для определения и вычисления всех промежуточных величин, необходимых для нахождения угла φ , разработан алгоритм, который выполняется в следующем порядке [1].

1. Определяют отклонения $\Delta_{ш}$ и $\Delta_{в}$ профиля рабочих поверхностей штока и втулки для каждого угла φ_k в виде $\Delta_{ш,в} = f(\varphi_k, r_k)$, где φ_k, r_k – координаты точки реального профиля, и рассчитывают значения диаметров d_k в поперечном сечении.

2. Определяют точки контакта рабочих поверхностей обеих деталей в каждом сечении. Для этого сначала находят средние арифмети-

Таблица 1

Для оси Z		Для оси Y	
d_{ki}	α_Δ	$d_{j+n/4}$	β_Δ
$= d_{срi}$	0	$= d_{срi}$	0
$> d_{срi}$	+	$> d_{срi}$	+
$< d_{срi}$	-	$< d_{срi}$	-

ческие значения действительных диаметров штока по всем поперечным сечениям:

$$d_{срi} = \sum_{k=1}^n d_k / n,$$

где i – текущий номер поперечного сечения по длине соединения ($i = 1..j$). Затем сравнивают действительные диаметры d_{ki} с их средними арифметическими значениями и вводят условные обозначения, приведенные в табл. 1.

Здесь Z и Y – взаимно перпендикулярные оси в поперечном сечении соединения;

α_Δ и β_Δ – знаки отклонения от соосности подвижной детали относительно неподвижной;

j – номер гиперплоскости, т.е. плоскости, проходящей через продольную ось соединения и k -ю точку на периметре сопряжения (индекс $j + n/4$ означает, что гиперплоскость повернута на угол 90°).

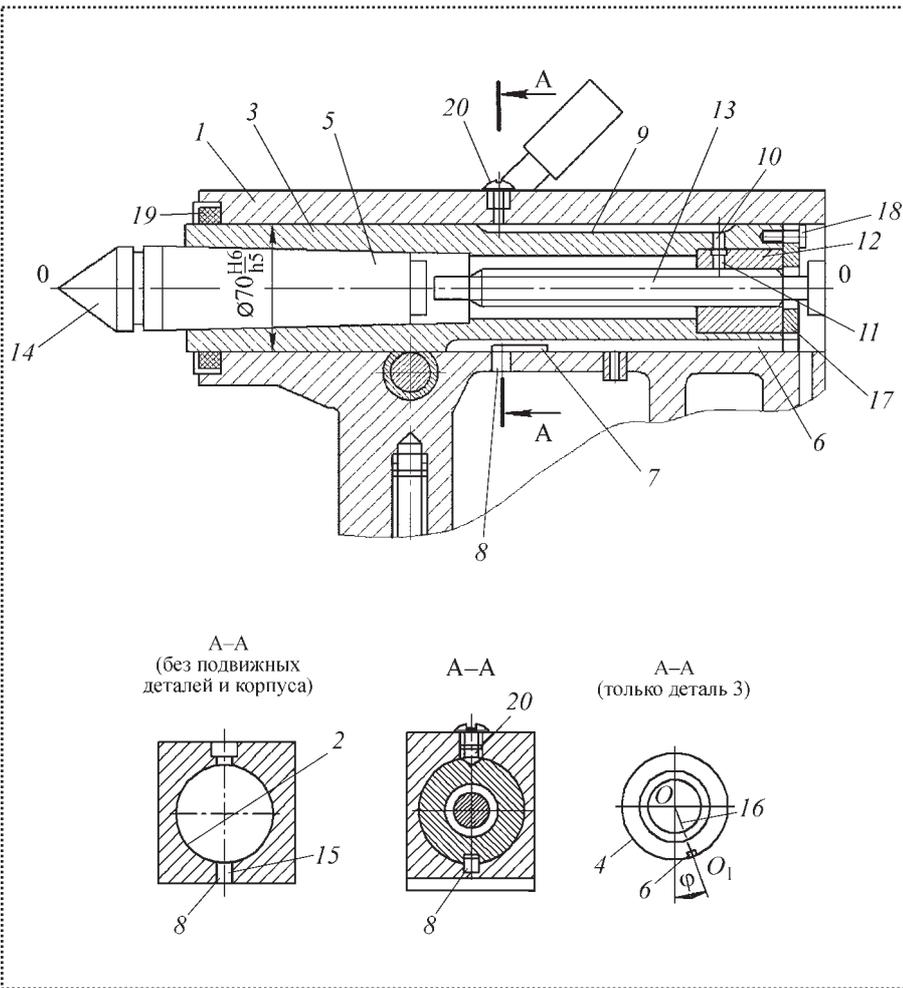
Далее находят точки контакта сопрягаемых поверхностей и пронумеровывают их в зависимости от сочетания α_Δ и β_Δ (табл. 2).

3. Определяют функцию зазора (т.е. разность отклонений реальных профилей поверхностей втулки и штока в k -м сечении из условия контактирования части поверхности)

$$\Delta_{кон k} = f(\varphi_k, r_k, j)$$

Таблица 2

α_Δ	0	+	+	+	0	-	-	-
β_Δ	+	+	0	-	-	-	0	+
№ точки контакта	1	2	3	4	5	6	7	8
Угловое положение гиперплоскости, град	0	45	90	135	180	225	270	315



Сборочная единица с цилиндрическим подвижным соединением пиноль – корпус задней бабки

детали 1. Обрабатывают также другие поверхности: масляную канавку 9 (например фрезерованием) и отверстие 10 (сверлением, развертыванием), связанные с поверхностями шпоночного паза 6.

Выполняют окончательную сборку. При этом гайку 12 вставляют в подвижную деталь 3, чтобы совпали оси отверстий 10 и 11, и закрепляют ее посредством фланца 17 и винтов 18. С противоположной стороны центр 14 вставляют конусом 5 в коническое отверстие подвижной детали 3. В отверстие 8 неподвижной корпусной детали 1 вставляют шпонку 7. Далее собирают уплотнение 19 с неподвижной корпусной деталью 1. Вставляют комплект подвижной детали 3 в охватывающую цилинд-

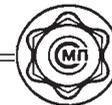
рическую поверхность 2 детали 1, так чтобы шпоночный паз 6 сопрягался со шпонкой 7, а масляная канавка 9 расположилась в одной плоскости с масленкой 20. Ходовой винт 13 вместе с базирующими его деталями (не показаны) собирают с правого торца с неподвижной корпусной деталью 1. При этом ходовой винт 13 ввинчивают в гайку 12.

Изготовленная сборочная единица будет иметь лучшие эксплуатационные свойства, проявляющиеся в более высокой износостойкости цилиндрического подвижного соединения за счет наиболее выгодного относительного расположения их отклонений от круглости.

Пример. Требуется изготовить и собрать сборочную единицу с цилиндрическим подвижным соединением пиноль – корпус задней бабки токарно-винторезного станка 16Б16Т1. Длина соединения 300 мм, диаметр 70 мм, посадка

$H6/h5$ с исполнительными размерами $\phi 70^{+0,019}$ и $\phi 70_{-0,013}$ сопрягаемых поверхностей соответственно неподвижной и подвижной деталей. Шпоночный паз шириной $12^{+0,12}$, глубиной $5^{+0,2}$, длиной 155 мм. Масляная канавка с закрытым полукруглым профилем радиусом $4^{+0,2}$, глубиной $3^{+0,2}$, длиной 120 мм с отступом от правого торца пинולי 28 мм. Сквозное отверстие из масляной канавки диаметром $8^{+0,2}$ мм с расстоянием от правого торца пинולי 35 мм.

Отклонения от круглости измеряли в пяти равномерно расположенных по длине сечениях. Определяли точки контакта рабочих поверхностей обеих деталей, а затем функции зазоров в контакте. Вычисляли функции изна-



шивания поверхностей и время работоспособности соединения. Максимальное время работоспособности равно 1500 ч, оно соответствует углу $\varphi = 36^\circ$ (в четвертой четверти координатной системы сечения).

Размечали метку 16 на подвижной детали — пиноли, определяя тем самым положение плоскости симметрии $O-O$ в поперечном сечении, в котором должны быть расположены плоскости симметрии шпоночного паза 6 и связанных с ним поверхностей масляной канавки 9, отверстий 10 и 11. Фрезеровали шпоночный паз 6, затем масляную канавку 9. Сверлили отверстие 10 и снимали в нем фаску. Выполняли окончательную сборку соединения. При этом гайку 12 устанавливали, совмещая оси отверстий 10 и 11.

Новый способ изготовления и сборки может быть использован и для соединений, в которых неподвижная и подвижная детали меняются местами по функциональному назначению — степени подвижности, а также для других конструктивных исполнений средств, предотвращающих поворот одной детали относительно другой (сквозной паз с входящим в него рычагом для перемещения подвижной детали; реечное зацепление с зубьями рейки на подвижной детали; винты или один винт вместо шпонки и т.д.).

щающих поворот одной детали относительно другой (сквозной паз с входящим в него рычагом для перемещения подвижной детали; реечное зацепление с зубьями рейки на подвижной детали; винты или один винт вместо шпонки и т.д.).

Библиографический список

1. Прилуцкий В.А., Рыльцев И.К. Повышение точности сборки подвижных соединений // СТИН. 1997. № 3. С. 24–27.
2. Прилуцкий В.А., Рыльцев И.К. Определение оптимального положения симметричной детали в подвижном соединении // СТИН. 1998. № 2. С. 41–44.
3. Патент RU23Р 19/10. БИ 3, 2008. Способ изготовления сборочной единицы с цилиндрическим подвижным соединением.
4. Дуда Р., Харг П. Распознавание образов и анализ сцен. — М.: Мир. 1975. 511 с.
5. Евдокимов Ю.А. Применение метода подобия для решения задач по определению расхода вязкопластической смазки подшипниками скольжения // Моделирование трения и износа. Материалы межотраслевого научного семинара. — М.: НИИМАШ. 1970. С. 22–35.
6. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. — М.: Машиностроение, 1977. 526 с.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ

(Библиотека конструктора).

М.Е. Гойдо

300 с. ISBN 978-5-94275-427-3

Цена 440 р.

Приведены классификация объемных гидроприводов; правила выполнения их схем; математическое описание процессов, происходящих при работе гидроприводов; типовые схемные решения, используемые при проектировании объемных гидроприводов; выбор параметров и исследование характеристики работы объемных гидроприводов различного назначения и исполнения при разных условиях нагружения; применение САПР при проектировании гидроприводов.

Для инженеров-конструкторов, изготовителей, а также обслуживающего персонала гидрооборудования, может быть полезна преподавателям и студентам вузов.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

Упаковка/Упак Италия – 2010

С 26 по 29 января 2010 г. в павильоне № 2 Центрального выставочного комплекса "Экспоцентр" проходила 18-я Международная специализированная выставка, на которой демонстрировались машины и оборудование для производства упаковки, упаковочные материалы, тара, вспомогательные упаковочные средства. Выставка была организована компаниями "Мессе Дюссельдорф ГмбХ" (Германия), ООО "Мессе Дюссельдорф Москва" (Россия) при поддержке правительства Москвы, подкомитета по развитию индустрии упаковки Торгово-промышленной палаты РФ, Ассоциации итальянских производителей машин для переработки упаковочных материалов (ASIGMA), Ассоциации итальянских производителей упаковочного оборудования (UCIGMA) и других при содействии ЗАО "Экспоцентр".

В выставке приняли участие более 270 компаний из 18 стран мира.

В статье приведен обзор экспонатов, демонстрировавшихся на выставке и вызвавших большой интерес у специалистов.

ОАО "Кропоткинский завод МиММП" (г. Кропоткин, Краснодарский край) демонстрировал на выставке машины, работающие в автоматическом режиме, для выдува полиэтиленовой (ПЭТ) тары и экструзионное оборудование.

Роторный выдувной автомат мод. АВР-6 (рис. 1) для производства ПЭТ бутылок из разогретых преформ методом вытяжки и двухстадийного раздува в одноместной пресс-форме на шести станциях выдува. Автомат состоит из загрузчика преформ, печей для их инфракрасного нагрева, загрузочной четырехместной карусели,

четырёхместной карусели выноса готовых бутылок и ротационной карусели с шестью станциями выдува. Возможно изготовление бутылок вместимостью 0,25...2 л для газированных и спокойных жидкостей. Производительность до 7560 шт./ч.

Максимальный диаметр бутылки 115 мм, высота с горлышком 350 мм. Давление основного выдува до 4 МПа. Расход охлаждающей жидкости с температурой 8...12 °С составляет до 2 м³/мин. Мощность охлаждающей установки 25 кВт. Установленная мощность автомата 101 кВт, питающее напряжение 380×3 В. Главный привод – электромеханический мощностью 4,4 кВт, частота вращения ротора электродвигателя 1500 мин⁻¹, передаточное число редуктора 13,8. Площадь, необходимая при монтаже автомата с загрузчиком, 8,3×4,2 м, высота автомата 3,1 м, загрузчика – 3,25 м. Масса роторной карусели с печью 13 т.

Выдувной автомат мод. А-1000-5 для производства ПЭТ бутылок из разогретых преформ методом вытяжки и двухстадийного раздува в двухместной пресс-форме на одной станции выдува. Автомат состоит из загрузчика пре-

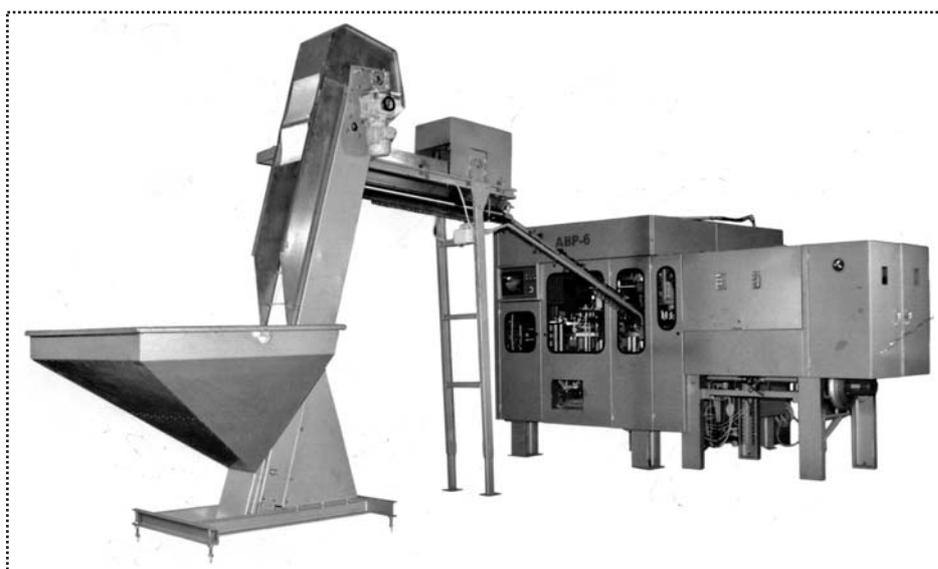


Рис. 1. Роторный выдувной автомат АВР-6



форм, печи для их инфракрасного нагрева, манипулятора для захвата и переноса, а также силовой установки с двухместной пресс-формой. Возможно изготовление бутылок вместимостью 2...6 л для газированных и спокойных жидкостей. Производительность до 1450 шт./ч.

Максимальный диаметр бутылки 180 мм, диаметр ее горловины 36, 45, 47 мм, высота бутылки с горлышком 380 мм. Давление основного выдува 2,5 МПа. Расход охлаждающей жидкости до 1,3 м³/мин при температуре 8...12 °С, мощность охлаждающей установки 9 кВт. Число нагревательных модулей в печи инфракрасного нагрева 4 шт., число зон нагрева 7 шт. Питающее напряжение автомата 380×3 В, потребляемая мощность 16,8 кВт. Площадь, необходимая под автомат с загрузчиком, 7,3×4 м, высота автомата с загрузчиком 2,5 м, их общая масса 4,5 т.

Экструдер мод. ЭР-700 для производства рукавной или термоусадочной пленки (двойное полотно) толщиной 0,026...0,26 мм с производительностью до 42 кг/ч. Питающее напряжение 380 В, потребляемая мощность 11 кВт, габаритные размеры 3940×2040×3670 мм, масса

2,37 т. Электронный блок нагрева и электропривод узла вытяжки и приемки пленки имеют бесступенчатое регулирование. Плавное регулирование привода шнека экструдера осуществляется частотным преобразователем.

Автоматическая экструзионно-выдувная установка мод. ВП-24-А (рис. 2) для изготовления пластмассовых полых флаконов вместимостью 0,02...0,1 л. Исходное сырье – полиэтилен и полипропилен. Установка оснащена электронной панелью управления с контроллером и пневмооборудованием. Автомат выполняет следующие операции: разогрев гранулированного сырья и формирование методом экструзии трубчатой заготовки, ее раздув до размеров изделия внутри пресс-формы с последующим охлаждением, разделение готового изделия и облоя и их отдельную выдачу. Производительность установки до 1200 шт./ч. Расход воздуха 0,15 м³/мин, охлаждающей воды не более 0,2 м³/ч при температуре 5...6 °С. Питающее напряжение 380 В, потребляемая мощность 10 кВт. Габаритные размеры установки 2100×1200×2000 мм, масса 700 кг. Обслуживает установку один оператор.

Пневмоконвейер мод. ПТ-9 для транспортировки ПЭТ бутылок от выдувного автомата до линии розлива состоит из сборных прямых и поворотных секций, блока управления и вентиляторов наддува. Для достижения большей производительности пневмоконвейера возможно объединение двух автоматов выдува в один поток на блок розлива. Это достигается с помощью узла схождения двух потоков и пневмоэлектрической системы управления, работающей в автоматическом режиме.

В зависимости от длины пневмоконвейер оснащен одним или несколькими вентиляторами, подающими воздух в короба с двух сторон посредством направленных сопел. Благодаря этому бутылки перемещаются по направляющей. В комплект пневмоконвейера входит узел аварийного сброса бутылок, позволяющий при непредвиденной останов-



Рис. 2. Автоматическая экструзионно-выдувная установка ВП-24-А



ке линии розлива не останавливать автомат выдува ПЭТ бутылок. Диаметр перемещаемых бутылок 60...110 мм. Питающее напряжение пневмоконвейера 380/220 В. Габаритные размеры секции пневмоконвейера: длина по коробу 5120 мм, ширина по опорам 645 мм, высота с наклоном 1...1,5° составляет 1160...1250 мм. Масса пневмоконвейера 420 кг.

Производимое заводом оборудование по всем параметрам не уступает зарубежным аналогам, имеет сертификаты качества и санитарно-эпидемиологические заключения.

Компания "Русская трапеца" (С.-Петербург) предложила упаковочные машины и весовые дозаторы.

Технологическая линия мод. РТ-ЛФ для точного дозирования фасовки трудносыпучих порошкообразных продуктов в готовую тару, уплотнения продукта и транспортировки его на накопительный стол. Линия состоит из шнекового конвейера для загрузки продукта в бункер дозатора от весового устройства, конвейера, совмещенного с платформой весового дозатора, для отвода в автоматическом режиме фасованного продукта из зоны дозирования на вибростол, где осуществляется уплотнение дозированного продукта в таре и транспортировка тары на накопительный стол. Производительность линии до 20 шт./ч при массе дозы 100...2000 г, допустимое отклонение дозы по массе $\pm 1\%$. Питающее напряжение линии 380/220 В, установленная мощность 3,26 кВт, габаритные размеры 2100×2400×2400 мм, масса 460 кг.

Горизонтальная упаковочная машина мод. РТ-УМ-ГШ для упаковки штучных изделий больших размеров, бытовых изделий (журналы, книги, альбомы и т.п.), хозяйственных и строительных товаров. Машина состоит из подающего и отводящего конвейеров, механизма формирования и регулировки длины и ширины пакета, системы обеспечения работы по фотометке, рулонодержателя с центрированием рулона, механизма протяжки пленки и сварки продольного и поперечного швов паке-

та, отрезного ножа, системы блокировки для обеспечения безопасной работы персонала. Производительность машины до 140 шт./мин. Максимальный диаметр рулона пленки 400 мм. Питающее напряжение машины 220 В, установленная мощность 2 кВт. Габаритные размеры 3550×1130×1700 мм, масса 35 кг.

Фасовочно-упаковочный автомат мод. РТ-УМ-31-Ш для дозирования и упаковки трудносыпучих порошкообразных продуктов в трехшовные пакеты в автоматическом режиме. Пакеты формируются из рулонных термосвариваемых материалов. Автомат оснащен вертикальным шнековым дозатором, датчиком фотометки, комплектом формирующего устройства, аэродинамическим устройством натяжения пленки, электромеханическим устройством для ее размотки, устройством для отвода готовых пакетов.

Дополнительно автомат может быть оборудован сменным устройством для формирования пакетов различной ширины, устройством формирования пакета с двойным плоским дном, термопринтером (ленточным или роликовым) для нанесения информации на пакет, системой отсоса и удаления пыли из зоны сварки швов пакета. Производительность автомата 90 шт./мин. Масса дозы 5...2000 г, размеры пакетов 50...320×9...260 мм. Вместимость загрузочного бункера 0,026 м³. Питающее напряжение автомата 220 В, установленная мощность 2,1 Вт. Давление воздуха в пневмосистеме 0,6 МПа, его расход не более 960 л/мин. Габаритные размеры автомата 1900×1140×2500 мм, масса 450 кг.

Комбинационный весовой дозатор мод. ДРМ-310 (рис. 3) для высокоточного весового дозирования широкого спектра пищевых и непищевых продуктов. Принцип его работы основан на комбинировании микропроцессором доз в нескольких бункерах. Микропроцессор выбирает оптимальную комбинацию, наиболее близкую к номинальной массе. Продукт распределяется равномерно по виброткам центрального конусом, а затем перемещается

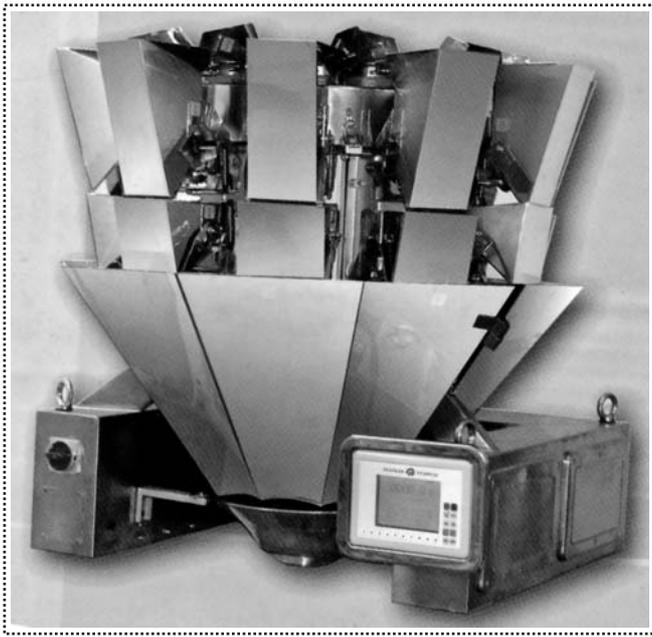


Рис. 3. Комбинационный весовой дозатор ДРМ-310

в приемный бункер по вибрлотку, приводимому в действие вибромагнитом.

Используя данные тензодатчиков, компьютер проверяет массу продукта в каждом весовом бункере, вычисляет оптимальную комбинацию для получения целевой массы, после чего выбранные бункеры открываются для сброса дозы. Если суммируется масса в четырех бункерах десятиручьевого дозатора, то число возможных комбинаций 252. Диапазон дозирования весового дозатора 7...1000 г, производительность 70 доз/мин с погрешностью 0,3...1 г, число программ 99. Питающее напряжение дозатора 220 В, мощность 1,5 кВт, габаритные размеры 1100×950×1280 мм, масса 320 кг.

Научно-производственная фирма "Интеграл" (г. Казань) предложила на российский рынок оборудование для упаковки и фасовки различной продукции.

Упаковочный комплекс для упаковки в термоусадочную пленку различной продукции. В состав комплекса входят устройство термоусадки УТ-400 и устройство упаковки УУ-02. Устройства, входящие в комплекс, позволяют устанавливать их в ряд или под углом, а также

работать в составе конвейерной линии. Питающее напряжение устройства термоусадки 380 В, мощность 5,5 кВт, производительность 1000 упаковок/ч, скорость конвейерной линии 4,5 м/мин, максимальные размеры упаковки 340×280 мм. Работает комплекс при температуре 100...200 °С. Его габаритные размеры 1260×505×900 мм, масса 85 кг.

Питающее напряжение устройства упаковки 220 В, мощность 0,5 кВт, производительность до 300 упаковок/ч. Его габаритные размеры 1618×400×565 мм, масса 36 кг.

Горизонтальная упаковочная машина мод. "ФЛОУ-ПАК" для упаковки пищевых и непищевых продуктов в полипропиленовую пленку. Машина оснащена быстросъемным, самоцентрирующимся держателем бобины, комплектом роликов для загиба пленки, подающим и разгрузочным конвейерами длиной соответственно 2000 и 600 мм, фотоэлементом центрирования печати по фотометке, сварочными роликами. Она имеет интерфейс с цветным сенсорным экраном и сервопривод, в процессе работы машина запоминает до 100 видов продуктов. Три автономных сервопривода управляют подающим конвейером, сварочными роликами и поперечными губками. Все параметры смены продукта (скорость работы, положение в пакете, интервал подачи, длина пакета) задаются с пульта управления и поддерживаются автоматически.

Конструкция машины исключает необходимость в предохранительной муфте на подающем конвейере и обеспечивает стабильную работу с минимальным расходом упаковочного материала. Производительность машины до 150 шт./мин, питающее напряжение 380 В, потребляемая мощность 6 кВт, габаритные размеры 3850×850×1600 мм, масса 400 кг.

Упаковочный комплекс мод. УУВ-600П для групповой упаковки в термоусадочную пленку стеклянных, пластмассовых, металлических и других изделий с использованием подложки, поддона или без них. Работает комплекс совместно с термотоннелями, производителем

ность 5 упаковок/мин. Наибольшие габаритные размеры упаковываемого предмета (предметов) 250×460×365 мм. Питающее напряжение комплекса 220 В, мощность 0,5 кВт, габаритные размеры 795×750×1950 мм, масса 100 кг.

Термотоннель мод. УТ-1000 (рис. 4) для групповой упаковки в термоусадочную пленку отдельных или нескольких изделий. Работает при температуре 0...250 °С. В комплект входит приемный стол с блоком охлаждения. Возможна комплектация устройством для упаковки с термоножом постоянного нагрева с ручным приводом и автоматическим устройством "верпак-трей". Пропускная способность термотоннеля до 600 упаковок/ч. Максимальные размеры упаковываемых предметов 940×250 мм. Скорость конвейера 2,3 м/мин. Толщина термоусадочной пленки до 110 мкм. Питающее напряжение термотоннеля 380 В, потребляемая мощность 17 кВт, габаритные размеры 2300×740×1520 мм, масса 250 кг.

Упаковочный автомат мод. "ИНПАК-ЭКОНОМ" для упаковки сыпучих, гранулированных, мелкоштучных изделий в полиэтиленовую или другую термосвариваемую многослойную пленку и бумагу. Автомат может работать самостоятельно или в составе доза-



Рис. 4. Термотоннель УТ-1000

торов. Производительность до 15 упаковок/мин. Толщина пленки 20...50 мкм. Питающее напряжение автомата 220 В, мощность 1,6 кВт, габаритные размеры 1550×1150×16650 мм, масса 90 кг. Уровень шума при работе не более 65 дБ.

Член-корр. Академии проблем качества
А.Н. Иванов
(Продолжение следует.)

ООО "Издательство **Машиностроение**", 107076, Москва, Строминский пер., 4
Учредитель ООО "Издательство **Машиностроение**".

Адрес электронной почты издательства: **E-mail: mashpub@mashin.ru;**
редакции журнала: **sborka@mashin.ru; tsmm@mashin.ru** <http://www.mashin.ru>
Телефон редакции журнала: (499) 268-38-42; тел./факс (499) 268-85-26; факс 269-48-97.
Технический редактор *Жиркина С.А.* Корректоры *Сажина Л.И., Сониюшкина Л.Е.*

Сдано в набор 04.03.10 г. Подписано в печать 04.05.10 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,28. Заказ 335. Свободная цена.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО "Издательство **Машиностроение**".
Отпечатано в ООО "Подольская Периодика", 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, д. 15.