ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СБОРКА В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

3 2007 (80)

СОДЕРЖАНИЕ

Современные технологии сборки

Ерохин В.В. Погрешность базирования деталей в установочно-зажимных самоцентрирующих механизмах . . . 3

Машков Ю.К., Овчар З.Н., Мамаев О.А., Зябликов В.С. Исследование технологии сборки и надежности неразъемных металлополимерных соединений узлов транспортных машин . . . 6

Сборочное оборудование и его элементы

Кулинский А.Д. Роторная сборка резьбовых соединений . . . 11

Житников Ю.З., Житников Б.Ю. Методология разработки высокоточных многошпиндельных завинчивающих устройств . . . 14

Тимофеев А.В. Программное управление сборочными роботами . . . 19

Разборка. Ремонт

Гайдар С.М. Особенности эксплуатации и ремонта автомобильной техники, обусловленные коррозионными процессами в резьбовых соединениях . . . 27

Изготовление деталей и узлов санитарно-технических систем. *Продолжение* . . . 29

Сборочно-сварочные работы. Пайка

Сидоров В.П., Ковтунов А.И., Бородин М.Н., Чермашенцева Т.В. Исследования процессов рафинирования при сварке сталей с алюминиевым покрытием . . . 41

Справочный материал

Старжинский В.Е., Антонюк В.Е., Кане М.М., Шалобаев Е.В., Шилько С.В. Словарь-справочник по зубчатым передачам русско-английско-немецко-французский . . . 43

Нормативная документация

Общемашиностроительные нормативы времени на слесарные работы по ремонту оборудования. *Продолжение* . . . 56

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.: (495) 268-38-42, 268-85-26. Факс: (495) 269-48-97, 268-85-26
E-mail: sborka@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.
Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикаций трудов соискателей ученых степеней.
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

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

Редакционный совет

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

Региональные редсоветы

АСТРАХАНЬ
В.П. БУЛГАКОВ
А.Д. ДОРОХОВ
В.В. МИКИТЯНСКИЙ
Н.Н. ПАНАСЕНКОВ

БЕЛГОРОД
Н.А. ПЕЛИПЕНКО

БРЯНСК
О.А. ГОРЛЕНКО

ВОЛГОГРАД
В.В. КАРАБАНЬ
М.Г. КРИСТАЛЬ
В.И. ЛЫСАК
В.М. ТРУХАНОВ

ИЖЕВСК
И.В. АБРАМОВ
Б.А. ЯКИМОВИЧ
В.Г. ОСЕТРОВ
И.К. ПИЧУГИН

КАЗАНЬ
Р.И. АДГАМОВ

КОВРОВ
Ю.З. ЖИТНИКОВ

КОЛОМНА
Ю.Д. АМИРОВ

КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ
В.Ф. КУЗЬМИН
Б.Н. МАРЬИН
В.И. ШПОРТ

ОМСК
В.Н. КОСТЮКОВ

ОРЕЛ
Ю.С. СТЕПАНОВ
Г.А. ХАРЛАМОВ

ОРЕНБУРГ
В.А. БОНДАРЕНКО
А.П. ФОТ

РЫБИНСК
В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ
В.В. НЕПОМИЛУЕВ
А.Н. СЕМЕНОВ

САМАРА
Ю.А. ВАШУКОВ
В.А. НИКОЛАЕВ
Б.Л. ШТРИКОВ

ТОЛЬЯТТИ
А.И. РЫЖКОВ
Б.Ф. ХАЗОВ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
Е.В. ШАЛОБАЕВ

Украина

КИЕВ
А.С. ЗЕНКИН
В.А. МАТВИЕНКО

ДОНЕЦК
А.И. МИХАЙЛОВ

СЕВАСТОПОЛЬ
Е.Л. ПЕРВУХИНА

ХАРЬКОВ
Б.М. АРПЕНТЬЕВ

Беларусь

МИНСК
В.Л. БАСИНЮК

ГОМЕЛЬ
В.Е. СТАРЖИНСКИЙ

ПОЛОЦК
М.Л. ХЕЙФЕЦ

Ответственные за подготовку и выпуск номера:
Н.М. КУЩ-ЖАРКО, О.Н. ЛУТОВИНИНА, Л.В. САВЕЛЬЕВА

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

© Издательство "Машиностроение", "Сборка в машиностроении, приборостроении", 2007

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

3 2007 (80)

CONTENTS

Modern Technologies in Assembly

Jerokhin V.V. A working position error of details in location – clamping self-centering mechanisms . . . 3

Mashkov J.K., Ovchar Z.N., Mamaev O.A., Zjablikov V.S. Research of assembly technology and reliability all-in-one metal-polymeric joints of carrier units . . . 6

Production Tools and Machinery for Assembly

Kulinsky A.D. Rotor assembly of threaded connection . . . 11

Zhitnikov Yu.Z., Zhitnikov B.Yu. The methodology of development of high-precision Multispindle screwing devices . . . 14

Timofeev A.V. A program control by assembly robots . . . 19

Disassembly. Repair

Gajdar S.M. "Specificities of automobile operation and repair, resulting from corrosion processes in threaded joints" . . . 27

Manufacture of sanitary-engineering systems parts and joints. *A prolongation* . . . 29

Erecting-Welding Operations. Soldering

Sidorov V.P., Kovtun A.I., Borodin M.N., Chermashentseva T.V. Research of fining process at welding steels with aluminium coverage . . . 41

Reference Source

Starzhinsky V.E., Antonjuk V.E., Kane M.M., Shalobaev E.V., Shilkov S.V. The dictionary – hand-book on gearings (Russian-English-German-French) . . . 43

Command Papers

The machine-building standards of time on metalwork operations on repair of equipment. *A prolongation* . . . 56

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.: (495) 268-38-42, 268-85-26. Fax: (495) 269-48-97, 268-85-26

http://www.mashin.ru

E-mail: sborka@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.

The Journal is among those approved by AAC RF for dissertation publication.

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
BEDRIN V.M.
VASIL'EV A.S. (Chief editor)
DALSKY A.M.
GUSEV A.A.
ZHESTKOVA I.N. (Deputy chief editor)
KOZYREV YU.G.
KUMENKO A.I.
MEDAR' A.V.
MIKRIN E.A.
NAZAROV Yu.F.
POROSHIN V.V.
RUMIANTSEVA O.N.
SHANDROV B.V.
SHATILOV A.A.
KHOLODKOVA A.G.
YARKOV G.A.

Regional editors

ASTRACHAN
BULGAKOV V.P.
DOROKHOV A.F.
MIKITIANSKI V.V.
PANASENKOV N.N.

BELGOROD
PELIPENKO N.A.

BRIANSK
GORLENKO O.A.

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

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

KAZAN
ADGAMOV R.I.

KOVROV
ZHITNIKOV Yu.Z.

KOLOMNA
AMIROV Yu.D.

KOMSOMOLSK-ON-AMUR
KUZMIN V.F.
MARJIN B.N.
SCHPORT V.I.

OMSK
KOSTIUKOV V.N.

OREL
STEPANOV Yu.S.
KHARLAMOV G.A.

ORENBURG
BONDARENKO V.D.
FOT A.P.

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

SAMARA
VASHUKOV Yu.A.
NIKOLAEV V.A.
SCHTRIKOV B.L.

TOLIATI
KHAZOV B.F.
RYZHKOV A.I.

ST.-PETERSBURG
SHALOBAEV E.V.

Ukraine

KIEV
ZENKIN A.S.
MATVIENKO V.A.

DONETSK
MIKHAILOV A.I.

SEVASTOPOL
PERVUKHINA E.L.

KHARKOV
ARPENTIEV B.M.

Belarus

MINSK
BASINJUK V.L.

GOMEL
STARZHINSKI V.E.

POLOTSK
KHEIFETZ M.L.

Executive editors of current issue:
KUSH-ZHARKO N.M., LUTOVININA O.N., SAVELEVA L.V.

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

© "Mashinostroenie Publishers", "Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making", 2007

УДК 621.9.06; 621.7.07

В.В. Ерохин, *канд. техн. наук*
(Брянский государственный технический университет)

Погрешность базирования деталей в установочно-зажимных самоцентрирующих механизмах

Изложены основные положения по определению погрешности базирования деталей в установочно-зажимных самоцентрирующих механизмах. Управление этой составляющей погрешности на этапе конструкторско-технологической подготовки сборочного производства позволяет повысить точность и качество сборки, а также рационально конструировать сборочные приспособления на основе установочно-зажимных самоцентрирующих устройств.

In clause substantive provisions by definition of an error of basing of details in tightening self-aligning mechanisms are stated. Management in this parameter at a stage of design technological preparation of assembly manufacture allows to raise accuracy and quality of assembly, and also it is rational to design assembly adaptations on the basis of tightening self-aligning devices.

Обеспечение точности сборки деталей является главным требованием к сборочному процессу и сборочным приспособлениям. Точность базирования (позиционирования) деталей в сборочном приспособлении – одно из требований при обеспечении качества сборки. Для достижения высокоточного базирования цилиндрических деталей по их наружной поверхности в основном применяют установочно-зажимные самоцентрирующие механизмы (УЗСМ). Рассмотрим основные составляющие погрешности базирования деталей в УЗСМ.

Погрешность $\varepsilon_{б.о}$ базирования продольной оси симметрии цилиндрической детали, установленной в УЗСМ, во многих справочных источниках принимают равной нулю, однако это не так. На рис. 1 представлены варианты расположения оси цилиндрической детали с погрешностью формы поперечного сечения в виде эллипса при установке в УЗСМ.

Несоосность осей детали и приспособления (трехкулачковый самоцентрирующий патрон, цанговая оправка, цанговый патрон и т.п.) определяют двумя методами:

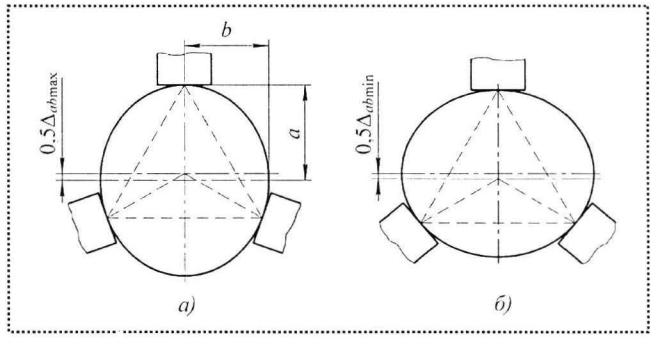


Рис. 1. Предельные положения осей симметрии эллиптической поверхности, установленной в трехкулачковом самоцентрирующем патроне

- гарантированного результата:

$$\varepsilon_{б.о} = \varepsilon_{б.о\,\max} = \Delta_{цт} + \Delta_{ab\,\max};$$

- усредненного результата:

$$\varepsilon_{б.о} = 0{,}5(\varepsilon_{б.о\,\max} + \varepsilon_{б.о\,\min}) = 0{,}5(2\Delta_{цт} + \Delta_{ab\,\max} - \Delta_{ab\,\min}),$$

где $\varepsilon_{б.о.\max}$, $\varepsilon_{б.о\min}$ – соответственно максимально и минимально возможное смещение продольной оси цилиндрической детали относительно оси приспособления (рис. 2); *a, b* – соответственно большая и малая полуоси эллипса детали в поперечном сечении; $\Delta_{цт}$ – погрешность центрирования УЗСМ (определяют по паспорту механизма или экспериментально); $\Delta_{ab\,\max}$, $\Delta_{ab\,\min}$ – соответственно максимальное и минимальное отклонения положения оси детали в зависимости от значений большой и малой полуосей эллипса.

Погрешности $\Delta_{ab\,\max}$ и $\Delta_{ab\,\min}$ определяют по формулам

$$\Delta_{ab\,\max} = (a-b)\left(\frac{2a}{a+b}\right)^2; \quad (1)$$

$$\Delta_{ab\,\min}(a-b)\left(\frac{2b}{a+b}\right)^2. \quad (2)$$

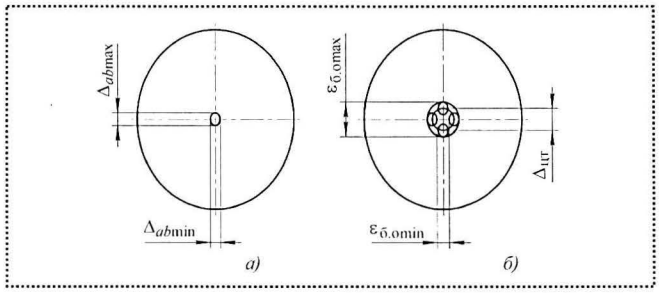


Рис. 2. Поля возможного расположения осей симметрии эллиптической поверхности, установленной в трехкулачковом самоцентрирующем патроне

При базировании наружной цилиндрической поверхности контакт элементов УЗСМ с заготовкой происходит по наибольшему диаметру в пределах погрешности формы. Поэтому номинальный диаметр d заготовки принимают равным $2a$:

$$b = 0{,}5d - \Delta_{кр}, \qquad (3)$$

где $\Delta_{кр}$ – отклонение от круглости базовой цилиндрической поверхности.

Максимальные значения параметров $\Delta_{ab\,max}$ и $\Delta_{ab\,min}$, мкм

Номинальный диаметр, мм	Степень точности по ГОСТ 24643–81											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
До 3	0,300/0,299	0,500/0,499	0,800/0,799	1,201/1,199	2,002/1,997	3,006/2,994	5,017/4,983	8,042/7,957	12,1/11,9	20,27/19,73	30,61/29,4	51,71/48,32
Св. 3 до 10	0,400/0,399	0,600/0,599	1,000/0,999	1,601/1,599	2,501/2,499	4,003/3,997	6,007/5,993	10,02/9,98	16,05/15,95	25,13/24,87	40,32/39,68	60,73/59,28
" 10 " 18	0,500/0,499	0,800/0,799	1,200/1,199	2,000/1,999	3,001/2,999	5,003/4,997	8,007/7,993	12,02/11,98	20,04/19,95	30,1/29,9	50,28/49,72	80,72/79,29
" 18 " 30	0,600/0,599	1,000/0,999	1,600/1,599	2,500/2,499	4,001/3,999	6,002/5,998	10,01/9,993	16,02/15,98	25,04/24,96	40,11/39,89	60,24/59,76	100,7/99,33
" 30 " 50	0,800/0,799	1,200/1,199	2,000/1,999	3,000/2,999	5,001/4,999	8,002/7,997	12,01/11,99	20,02/19,98	30,04/29,96	50,10/49,89	80,26/79,74	120,6/119,4
" 50 " 120	1,000/0,999	1,600/1,599	2,500/2,499	4,000/3,999	6,001/5,999	10,00/9,998	16,00/15,99	25,01/24,99	40,03/39,97	60,06/59,94	100,2/99,83	160,4/159,6
" 120 " 250	1,200/1,199	2,000/1,999	3,000/2,999	5,000/4,999	8,000/7,999	12,00/11,99	20,00/19,99	30,01/29,99	50,02/49,98	80,05/79,95	120,1/119,9	200,3/199,7
" 250 " 400	1,600/1,599	2,500/2,499	4,000/3,999	6,000/5,999	10,00/9,999	16,00/15,99	25,00/24,99	40,01/39,99	60,02/59,98	101,1/99,95	160,1/159,9	250,3/249,7
" 400 " 630	2,000/1,999	3,000/2,999	5,000/4,999	8,000/7,999	12,00/11,99	20,00/19,99	30,00/29,99	50,01/49,99	80,02/79,98	120,1/119,9	200,1/199,9	300,3/299,7
" 630 " 1000	2,500/2,499	4,000/3,999	6,000/5,999	10,00/9,999	16,00/15,99	25,00/24,99	40,00/39,99	60,01/59,99	100,0/99,98	160,1/159,9	250,1/249,9	400,3/399,7
" 1000 " 1600	3,000/2,999	5,000/4,999	8,000/7,999	12,00/11,99	20,00/19,99	30,00/29,99	50,00/49,99	80,01/79,99	120,0/119,9	200,1/199,9	300,1/299,9	500,3/499,7
" 1600 " 2500	4,000/3,999	6,000/5,999	10,00/9,999	16,00/15,99	25,00/24,99	40,00/39,99	60,00/59,99	100,0/99,99	160,0/159,9	250,1/249,9	400,1/399,9	600,3/599,7

Обозначения: $\Delta_{ab\,max}$ – числитель; $\Delta_{ab\,min}$ – знаменатель.

Учитывая выражение (3), формулы (1) и (2) принимают вид

$$\Delta_{ab\,\max} = \Delta_{\text{кр}}\left(\frac{d}{d-\Delta_{\text{кр}}}\right)^2;$$

$$\Delta_{ab\,\min} = \Delta_{\text{кр}}\left(\frac{d-2\Delta_{\text{кр}}}{d-\Delta_{\text{кр}}}\right)^2.$$

В таблице представлены справочные значения параметров $\Delta_{ab\,\max}$ и $\Delta_{ab\,\min}$. На основании данных таблицы можно видеть, что $\Delta_{ab\,\max}$ и $\Delta_{ab\,\min}$ до 9-й степени точности мало отличаются друг от друга: $\Delta_{ab\,\max} = \Delta_{ab\,\min} = \Delta_{\text{кр}}$.

Кроме отклонения от круглости цилиндрические поверхности обладают отклонением профиля продольного сечения. Поэтому при установке детали в УЗСМ возникает перекос осей цилиндрической детали и УЗСМ.

Пусть в пределах контакта УЗСМ с деталью имеет место отклонение профиля продольного сечения – конусообразность (ГОСТ 24642–81). Для этого случая схема процесса установки детали в УЗСМ (двухкулачковый самоцентрирующий патрон) представлена на рис. 3, *а*; схема действия распределенных сил закрепления и трения на поверхность детали – на рис. 3, *б*; схема действия на деталь эквивалентных внешних сил – на рис. 3, *в*; схема установившегося контакта между деталью и УЗСМ – на рис. 3, *г*.

Для определения угла перекоса осей детали и УЗСМ точку приложения силы тяжести и ее направление не учитывают, так как процесс закрепления компенсирует действие на нее момента.

На рис. 3, *г* представлено положение детали после закрепления. При этом линия, соединяющая точки приложения сил Q_1 и Q_2, перпендикулярна оси УЗСМ.

Уравнение равновесия установленной детали в УЗСМ имеет вид

$$Q_1 0{,}5d\sin\alpha_1 - F_{\text{тр}1}0{,}5d\cos\alpha_1 - \\ - Q_2 0{,}5d\sin\alpha_2 - F_{\text{тр}2}0{,}5d\cos\alpha_2 = 0, \quad (4)$$

где Q_1, Q_2 – силы закрепления; $F_{\text{тр}1}$, $F_{\text{тр}2}$ – силы трения под кулачками; α_1, α_2 – углы между соответствующей силой закрепления и нормалью к оси УЗСМ.

Учитывая, что $F_{\text{тр}} = f_{\text{ск}}Q$, уравнение (4) можно записать:

$$Q_1 0{,}5d\sin\alpha_1 - f_{\text{ск}}Q_1 0{,}5d\cos\alpha_1 - \\ - Q_2 0{,}5d\sin\alpha_2 - f_{\text{ск}}Q_2 0{,}5d\cos\alpha_2 = 0, \quad (5)$$

где $f_{\text{ск}}$ – коэффициент трения скольжения в зоне контакта УЗСМ с деталью.

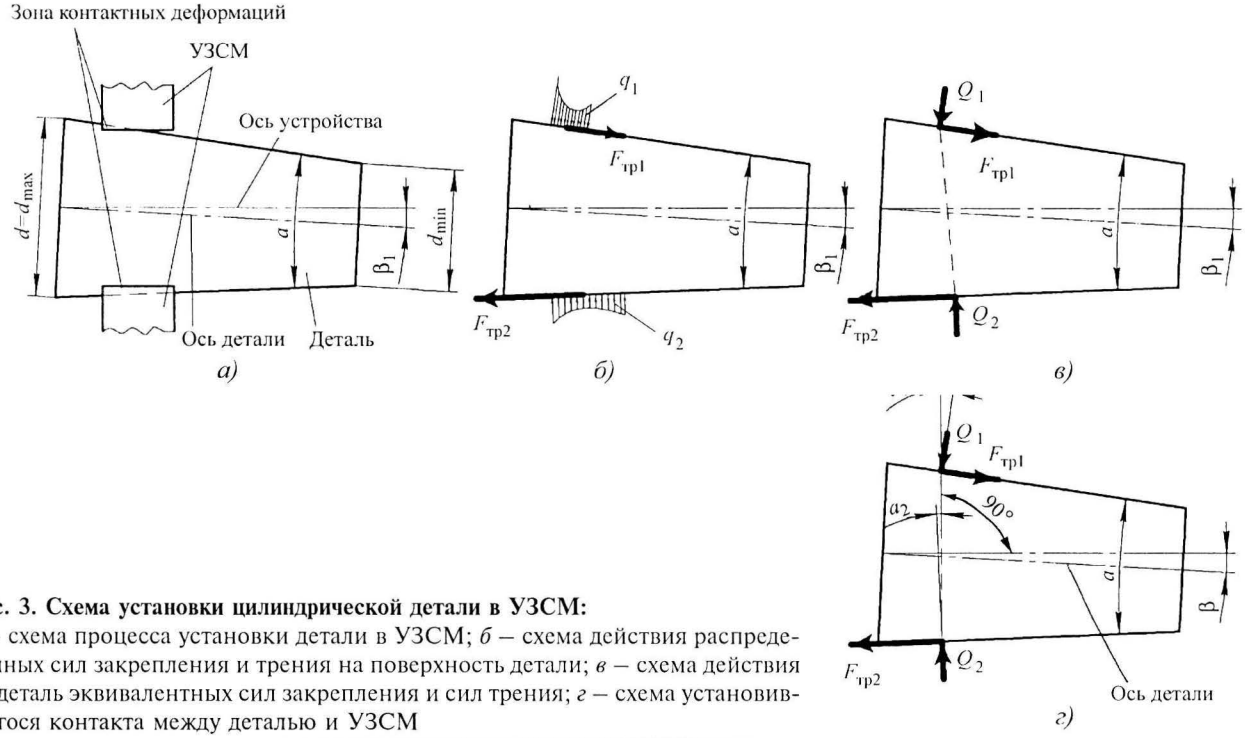


Рис. 3. Схема установки цилиндрической детали в УЗСМ:
а – схема процесса установки детали в УЗСМ; *б* – схема действия распределенных сил закрепления и трения на поверхность детали; *в* – схема действия на деталь эквивалентных сил закрепления и сил трения; *г* – схема установившегося контакта между деталью и УЗСМ

Для детали можно записать следующие краевые условия:

$$Q_1 = Q_2;\ \alpha_1 + \alpha_2 = \alpha;\ 0{,}5(\alpha_1 + \alpha_2) = \beta, \qquad (6)$$

где β – угол перекоса осей детали и УЗСМ.

Решая уравнение (5) относительно краевых условий (6), получим выражение для определения угла β

$$\beta = \mathrm{arctg}\, f_{\text{ск}}, \qquad (7)$$

из которого видно, что он не зависит от геометрических параметров базовой цилиндрической поверхности детали и УЗСМ.

Снижение трения скольжения между поверхностью детали и элементами УЗСМ приводит к снижению не только угла β, но и зажимной способности самого УЗСМ. Возникает необходимость в решении задачи оптимального выбора угла β и зажимной способности приспособления.

Проведенные экспериментальные исследования составляющих погрешности базирования цилиндрических деталей в УЗСМ подтверждают адекватность выбранной теоретической модели. Относительная погрешность теоретических расчетов составила 7,8...10,3 %.

Работа выполнена в соответствии с грантом Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых по теме "Определение и обеспечение оптимальных проектных параметров качества станочных приспособлений и их элементов" и финансирования Министерства образования и науки Российской Федерации (шифр МК-9356.2006.8).

Ю.К. Машков, З.Н. Овчар, О.А. Мамаев, В.С. Зябликов,
ГОУ "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия" (г. Омск)

Исследование технологии сборки и надежности неразъемных металлополимерных соединений узлов транспортных машин

Рассмотрены результаты разработки и исследования новой технологии сборки металлополимерных узлов транспортных машин и оборудования, проанализированы зависимости прочности соединения от конструктивных параметров и технологических режимов сборки и обработки металлополимерных сборочных единиц.

Введение

Надежность и срок службы транспортных машин, в том числе гусеничных и колесных, а также технологического оборудования в значительной степени зависят от работоспособности и долговечности металлополимерных соединений в ответственных элементах конструкции. К таким элементам относят узлы трения машин – трибосистемы, выполняющие различные функции в качестве подшипников скольжения, направляющих опор, герметизирующих устройств, например многоцелевых и колесных машин, нефтеперекачивающего оборудования и т.д.

Известны и широко применяются различные методы сборки неразъемных соединений: сварка, пайка, склеивание, соединение с натягом. Применение названных методов при изготовлении металлополимерных соединений весьма ограничено вследствие особенностей физико-механических свойств полимерных материалов. В то же время особенности свойств некоторых полимеров позволяют создать способ изготовления металлополимерных изделий, в которых неразъемное соединение металлических и полимерных деталей цилиндрической формы обеспечивается за счет использования так называемого эффекта "память формы" полимера.

Такой способ был предложен авторами [1, 2] для изготовления металлополимерных соединений с втулкой из полимерного композиционного материала (ПКМ) на основе политетрафторэтилена

(ПТФЭ). ПТФЭ представляет собой карбоцепной линейный полимер с высокой степенью кристалличности и проявляет хорошо выраженный эффект "память формы".

Названный эффект заключается в том, что некоторые аморфно-кристаллические полимеры при температурах выше температуры стеклования после пластического деформирования в высокоэластичном состоянии способны частично или полностью вернуться в исходные геометрическое и напряженно-деформированное состояния. Это происходит вследствие стремления отдельных элементов надмолекулярной структуры (звеньев, сегментов макромолекул) вернуться к исходной конформации под влиянием остаточных внутренних напряжений. Движение частей макромолекул сопровождается релаксацией внутренних напряжений и на микроуровне проявляется в изменении геометрических размеров исследуемых образцов. Активность микродвижения элементов структуры и степень релаксации напряжений зависят от температуры образца.

В условиях эксплуатации оборудования, например нефтеперекачивающих насосов и транспортных машин, неизбежно повышается температура в узлах трения герметизирующих и опорных устройств, и происходит релаксация напряжения в деформированных полимерных деталях. Следовательно, необходимо изучить закономерность этого процесса для того, чтобы еще на этапе производства изделия снять часть внутренних напряжений и оценить прочность соединения с учетом процесса релаксации в условиях эксплуатации.

Цель работы – изучить влияние основных конструктивных параметров металлополимерного изделия и режимов технологического процесса на прочность соединения и на основе полученных результатов предложить технологию сборки металлополимерных изделий с использованием эффекта "память формы" полимеров.

Методика исследования и отработка способа изготовления металлополимерного изделия в виде уплотнительного элемента торцового уплотнения предусматривала решение следующих задач:

• определить допустимую величину натяга между полимерной и металлической деталями при обеспечении необходимой прочности соединения;

• установить оптимальную температуру термообработки изделия после установки полимерной детали;

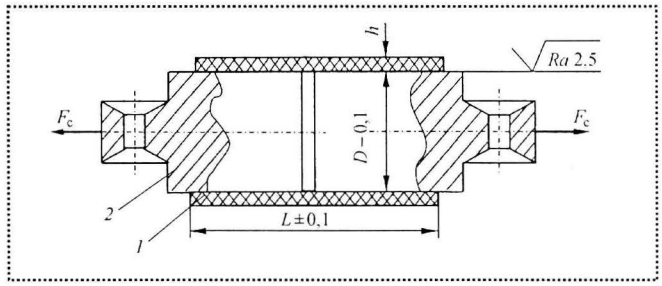


Рис. 1. Образец для исследования прочности соединения по поверхности *D*:
1 – полимерная втулка; *2* – металлический цилиндр

• разработать технологическую оснастку и определить режимы операций подготовки и соединения полимерной и металлической деталей. Для решения последней задачи были спроектированы конический дрон и упруго-разжимная втулка для деформирования и установки полой полимерной детали на металлическую с заданным натягом;

• определить необходимую температуру нагревания полимерной детали и скорость ее деформирования при установке;

• исследовать влияние повышенной температуры и длительного хранения на прочность соединения.

Исследование производили на образцах, выполненных в виде двух одинаковых металлических оправок цилиндрической формы, соединенных охватывающей их полимерной втулкой, установленной с натягом (рис. 1).

Заданную величину натяга обеспечивали путем изготовления втулок с внутренним диаметром, меньшим диаметра оправок на 10...30 %, с толщиной стенок 1,5 и 2,5 мм.

Прочность соединения оценивали по величине напряжения сдвига p, которое рассчитывали по формуле

$$p = F_c / S, \qquad (1)$$

где F_c – сила, приложенная к металлическим цилиндрам в момент сдвига одного из цилиндров относительно полимерной втулки; S – площадь контакта одного цилиндра с втулкой.

Испытание образцов проводили на гидравлическом прессе по стандартной методике. Оценку прочности соединения каждого из трех материалов проводили по результатам испытания трех образцов по среднему значению. В целях повышения точности эксперимента металлические оправки по наружному диаметру протачивали, обеспечивая размеры в пределах поля допуска – 0,1 мм с параметром шерохова-

тости не более *Ra* 2,5. Внутренний диаметр полимерной втулки рассчитывали с погрешностью не более + 0,1 мм, наружный диаметр – 0,05 мм, длина втулок выполнялась в пределах $L \pm 0{,}1$ мм.

Металлические цилиндры на одном конце имели сквозное отверстие с осью, перпендикулярной оси цилиндра, для монтажа на разрывной машине. Цилиндры *2* изготавливали из стали 45, полимерные втулки *1* – из композиционных материалов на основе ПТФЭ.

Результаты экспериментов и их анализ. Термическая обработка напряженно-деформированных полимерных втулок после их установки на металлические стержни-оправки оказывает значительное влияние на прочность металлополимерного соединения, поскольку повышение температуры более чем на 100 °С существенно ускоряет процесс релаксации внутренних напряжений в ПКМ.

Влияние температуры нагрева на прочность образцов исследовали в интервале температур 100...250 °С. Одновременно изучали влияние основного конструктивного параметра – толщины стенки полимерной втулки. Поэтому испытаниям подвергали 5 комплектов образцов с толщиной стенки 1,5 мм и 5 комплектов с толщиной стенки 2,5 мм.

На рис. 2 приведены полученные экспериментальные зависимости $F_c = f(T_{т.о})$.

Как видно из рис. 3, с увеличением температуры прочность соединения значительно снижается. При повышении температуры на 150 °С прочность уменьшается на 20 % при толщине стенки втулки 2,5 мм и на 13 % при толщине 1,5 мм. При этом принципиально важно, что интенсивность снижения прочности соединения в интервале температур 200...250 °С выше, чем в интервале температур 100...150 °С. Отсюда следует второй важный для практики вывод о том, что наибольшую прочность соединения можно получить при температуре термообработки 100...150 °С; повышение температуры термообработки выше 150 °С нецелесообразно.

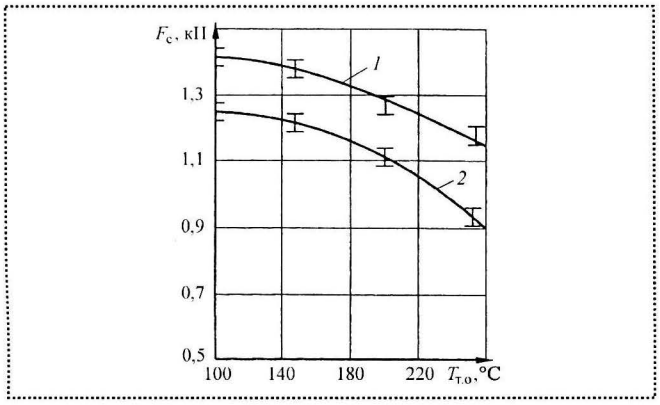


Рис. 2. Зависимости прочности соединения F_c (разрушающей силы) от $T_{т.о}$ при различной толщине стенки втулки: *1* – 2,5 мм; *2* – 1,5 мм

Согласно методике испытывали образцы с втулками из ПКМ с толщинами стенок 1,5 и 2,5 мм, установленными с относительными натягами $\varepsilon = \frac{Д_{вт}}{Д_{ст}} 100$ %, равными 10, 20, 30 %.

В табл. 1 приведены средние значения сил и напряжений разрушения соединения при названных величинах относительного натяга, полученные в результате проведения испытаний.

На рис. 3 приведены графики зависимостей напряжений p от относительного натяга ε.

Графики зависимостей $p = f(\varepsilon)$ показывают, что закономерность изменения напряжения разрушения практически не зависит от масштабного фактора (толщины стенки полимерной втулки), поскольку обе кривые имеют одинаковый характер. Максимум напряжения кривые достигают при деформации около 20 %. Дальнейшее увеличение степени деформации приводит к снижению напряжения и, следовательно, к снижению прочности соединения.

Экстремальный характер полученных зависимостей объясняется протеканием в ПКМ двух конкурирующих процессов. При увеличении степени деформации ε в металлополимерном соединении происходит увеличение контактного давления $\sigma_к$, определяемого зависимостью $\sigma_к = E\varepsilon$, где E – модуль упругости ПКМ. Одновременно вследствие неравномерности распределения и различия сил межфазного взаимодействия в гетерогенной струк-

1. Результаты исследования напряжений разрушения соединения от величины относительного натяга

Параметр разрушения	Толщина стенки, мм	Натяг (степень деформации), %		
		10	20	30
Разрушающая сила, кН	1,5	1,0	1,05	0,8
Напряжение, МПа		1,7	1,75	1,33
Разрушающая сила, кН	2,5	1,6	1,75	1,45
Напряжение, МПа		2,72	2,92	2,45

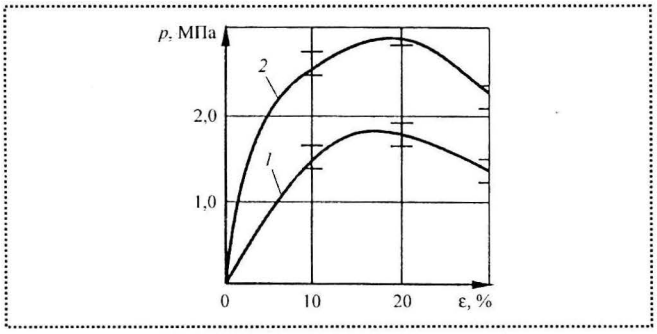


Рис. 3. Зависимость напряжения *p* разрушения от степени деформации втулок ε с различными толщинами стенок:
1 – 1,5 мм; *2* – 2,5 мм

туре ПКМ в отдельных микрообъемах происходит разрушение связей и появляются микродефекты даже при относительно небольшой степени деформации. По мере увеличения деформации внутреннее напряжение растет и увеличивается количество и плотность микродефектов. При степени деформации более 20 % происходит объединение микродефектов, снижение эффективного модуля механических свойств и, как следствие, уменьшение контактного давления $\sigma_к$, а также снижение прочности металлополимерного соединения.

На основе полученных результатов *при изготовлении образцов для дальнейших исследований была принята технология, включающая следующие операции.*

1. Нагрев полимерных втулок до температуры 80...100 °С.

2. Установка втулок на металлические образцы с заданным натягом с помощью специальной оснастки: конической направляющей, разрезного металлического кольца, нажимной цилиндрической втулки (рис. 4).

3. Термообработка собранного образца при температуре 100...150 °С.

Для проверки надежности соединения в условиях, близких к эксплуатационным, проводили исследование прочности соединения металлополимерных образцов в зависимости от их выдержки при повышенной температуре 50...60 °С, а также при длительном хранении в условиях комнатной температуры.

Для испытания при температуре 50...60 °С изготавливали 15 образцов (5 комплектов) с диаметром металлических оправок 23 мм и толщиной стенки полимерных втулок 1,5 мм, которые устанавливали с относительным натягом 22 %. Образцы испытывали на разрывной машине при скорости движения подвижного зажима 10 мм/мин по 3 образца через 3, 6, 12 и 24 ч выдержки при повышенной температуре. Перед началом испытывали эталонный образец.

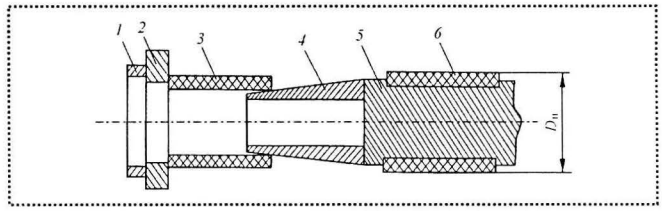


Рис. 4. Схема установки полимерной втулки на металлическую деталь:
1, *2* – шайбы; *3*, *6* – цилиндрические полимерные втулки; *4* – конический стержень

По результатам испытаний построена зависимость $p = f(\tau)$ (рис. 5).

Экспериментальная зависимость имеет максимум при 3 ч выдержки, затем идет резкий спад в интервале 3...6 ч и далее наблюдается очень медленное снижение прочности соединения. Такой характер зависимости можно объяснить тем, что в течение первых трех часов активно развиваются процессы формирования и усиления адгезионных связей металл–полимер и заполнения микровпадин на поверхности металлических оправок вследствие течения полимерной матрицы ПКМ в напряженно-деформированном состоянии при повышенной температуре.

В течение первых часов выдержки эти процессы в основном завершаются, но активизируется процесс релаксации, что проявляется в резком снижении прочности соединения вследствие уменьшения контактных напряжений между полимерной втулкой и металлической оправкой. После 6...8 ч выдержки интенсивность процесса релаксации существенно снижается.

Следующий этап исследования прочности металлополимерного соединения согласно методике предусматривал исследование зависимости прочности от длительной выдержки образцов при ком-

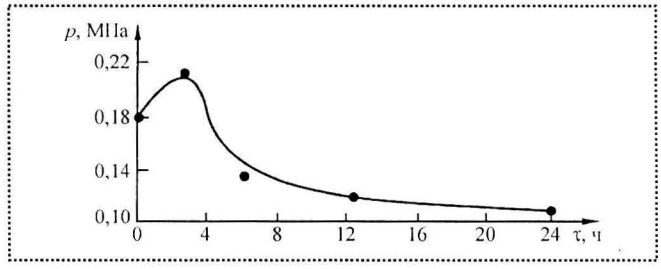


Рис. 5. Зависимость напряжений *p* от продолжительности выдержки τ образцов при повышенной температуре (50...60 °С)

2. Результаты исследования зависимости напряжений разрушения образцов от длительной выдержки при комнатной температуре

Время, сут	0	1	3	10	20	40	70	100
Сила сдвига, Н	93,48	96,55	110,7	108,8	107,6	89,17	76,26	73,18
Напряжение, МПа	0,152	0,157	0,180	0,177	0,175	0,145	0,124	0,119

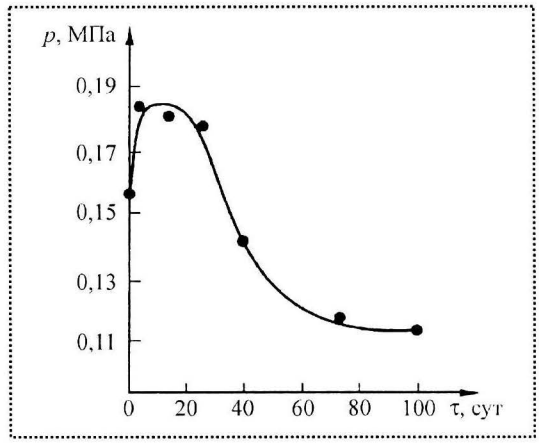


Рис. 6. Зависимость напряжений *p* металлополимерного соединения от продолжительности хранения τ при комнатной температуре (20 °С)

натной температуре. Для проведения этого исследования было подготовлено 7 комплектов образцов с толщиной стенки полимерной втулки 1,5 мм. Втулки устанавливали на металлические оправки с относительным натягом 20 % при средней площади контакта с оправкой 6,15 см^2. В табл. 2 приведены средние значения напряжений разрушения, а для наглядности и удобства анализа на рис. 6 приведен график полученной зависимости $p = f(\tau)$.

Зависимость напряжений разрушения соединения от продолжительности выдержки образцов при комнатной температуре имеет экстремальный характер и достигает максимума при выдержке, равной трем суткам. При дальнейшей выдержке образцов прочность соединения монотонно уменьшается. Увеличение прочности за первые трое суток составляет 18,4 % от исходной, последующее снижение прочности за 97 сут составляет 33,9 % от максимальной прочности. При этом значение прочности после 100 сут выдержки меньше исходной всего на 21,7 %. Минимальная скорость снижения прочности наблюдается в интервале выдержки 70...100 сут и составляет $1{,}6 \cdot 10^{-4}$ МПа·сут$^{-1}$, если считать зависимость пропорциональной времени. Для сравнения скажем, что в интервале 20...40 сут этот параметр составляет $1{,}5 \cdot 10^{-3}$, т.е. на порядок выше.

Сравнение зависимостей прочности металлополимерного соединения от продолжительности выдержки образцов в различных температурно-временны́х условиях (см. рис. 5, 6) показывает, что они имеют общий характер. На всех зависимостях максимум исследуемого параметра наблюдается при некоторых значениях времени выдержки с последующим его монотонным снижением при уменьшающейся скорости снижения.

Это свидетельствует о том, что независимо от температурных условий прочность металлополимерного соединения определяется, главным образом, характером процессов релаксации в напряженно-деформированном ПКМ. Некоторое повышение прочности в начальный период объясняется формированием адгезионных связей между полимером и металлом и течением полимерного композиционного материала в напряженно-деформированном состоянии с заполнением микровпадин на металлической оправке. Кроме того, при циклическом воздействии повышенной температуры возможно некоторое повышение прочности полимерного композиционного материала.

Приведенный анализ временны́х зависимостей прочности исследованных соединений, образованных установкой полимерных облицовочных втулок на металлический стержень с натягом, позволяет сделать вывод о механизме формирования длительной прочности металлополимерных соединений.

Заключение. Разработаны новый эффективный способ и технология сборки неразъемных соединений и металлических деталей на основе эффекта "память формы" полимеров. Исследованием зависимостей прочности соединения от величины натяга и температуры термической обработки определены оптимальные значения названных параметров, обеспечивающие максимальную прочность соединения. Установлено, что процессы релаксации в деформированной полимерной детали в условиях повышенных и комнатных температур имеют однотипный характер с максимумом скорости процесса в начальном периоде испытания и монотонным снижением скорости в течение длительного времени.

Список литературы

1. **Машков Ю.К., Зябликов В.С., Стеблий В.Ф.** Способ изготовления деталей цилиндрических сопряжений. А.с. № 201165, 1985.

2. **Машков Ю.К., Зябликов В.С.** Способ изготовления деталей. ДСП. А.с. № 120783, 1988.

УДК 621.9.06:62.771

А.Д. Кулинский, *канд. техн. наук (ОАО "Ейский станкостроительный завод")*

Роторная сборка резьбовых соединений

Рассмотрены функциональный подход при создании роторно-многоярусных сборочных машин (РММ) и модель их компоновки. Приведены сравнительные характеристики РММ и других видов сборочных машин, а также общий алгоритм реализации методики проектирования компоновки РММ.

Завершающим и наиболее ответственным этапом производственного процесса является сборка, трудоемкость которой составляет в среднем от 20 до 70 % трудоемкости изготовления изделия. Наиболее распространенным видом собираемых соединений, которые встречаются практически во всех изделиях машиностроения, судостроения, станкостроения и автомобилестроения, являются резьбовые соединения. В конструкциях современных металлорежущих станков они составляют 20...25 % общего количества соединений, а трудоемкость их сборки составляет в зависимости от типа станка и производства до 40 % общей трудоемкости сборочных работ. Такие трудозатраты свидетельствуют о недостаточных масштабах внедрения прогрессивных сборочных технологий.

В связи с этим особую значимость приобретают вопросы создания технологического оборудования и технологических систем, обеспечивающих в кратчайшие сроки качественную сборку изделий. Таким перспективным направлением совершенствования технологических процессов сборки является повышение производительности сборочных операций за счет использования автоматических систем роторного типа [1].

На рис. 1 представлен пространственно-функциональный подход при создании РММ, который может быть рекомендован для сборки резьбовых изделий. В соответствии с этой методикой были проанализированы технологические особенности автоматизированного свинчивания резьбовых соединений и предложена модель компоновки новой роторно-многоярусной системы сборки резьбовых изделий (рис. 2).

Предлагаемая роторно-многоярусная система сборки, выполняя те же функции, что и роторная линия, состоит из меньшего числа различных механизмов и узлов. Перемещение роторов *1...8* и других механизмов (например, столов *10*, *15...18*, контрольно-регистрирующих устройств *12...14*, *19...22*) для всей роторно-многоярусной сборочной машины обеспечивает один приводной ротор с двигателем *9*. Схема расположения блоков машины позволяет осуществлять сборку резьбовых изделий с вертикальным

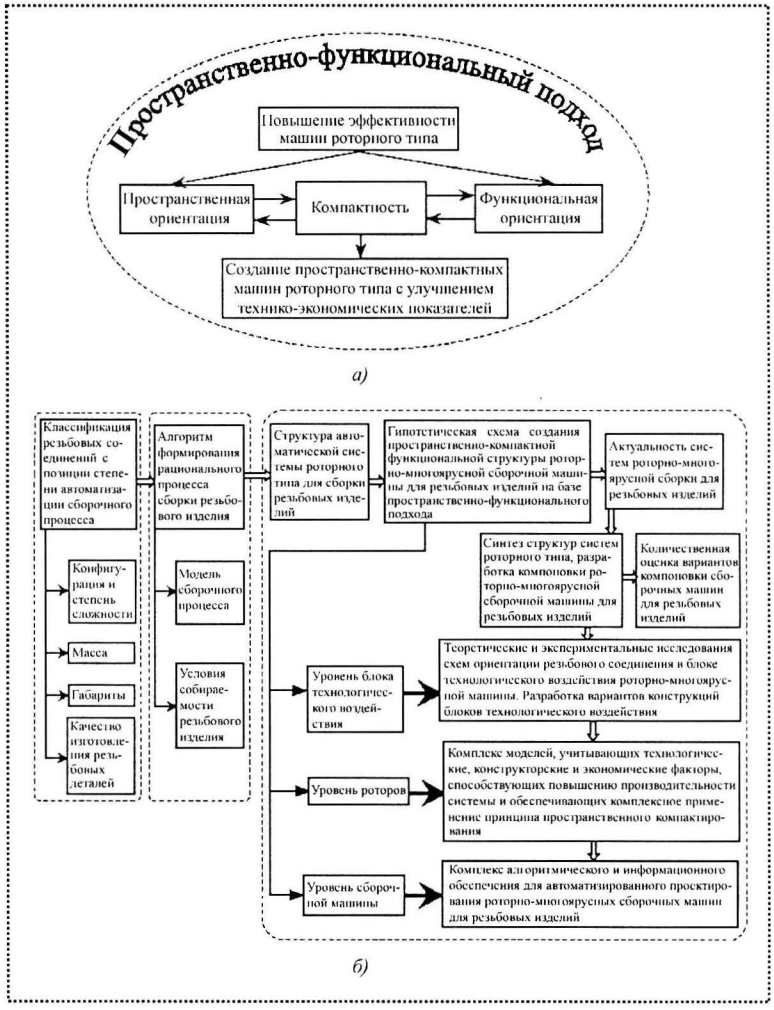


Рис. 1. Подход при создании РММ:
а – пространственно-функциональный подход; *б* – методика синтеза РММ для сборки резьбовых изделий на базе постранственно-функционального подхода

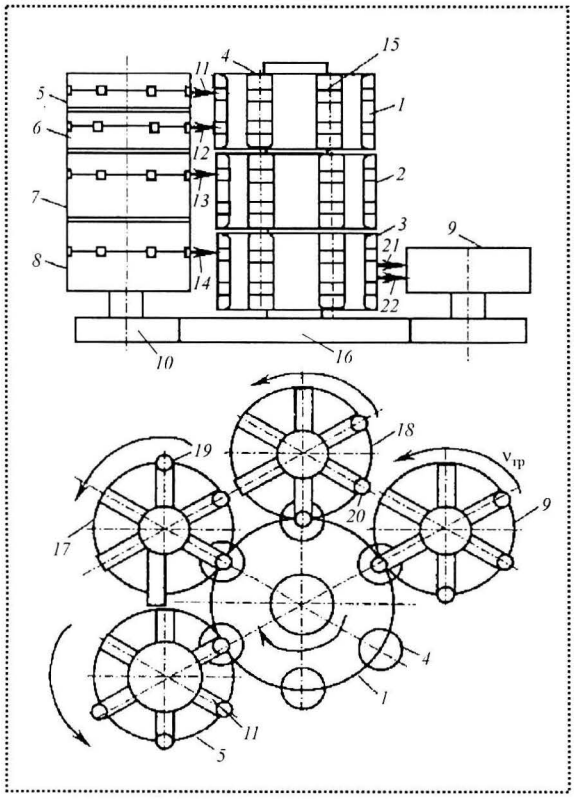


Рис. 2. Модель компоновки РММ

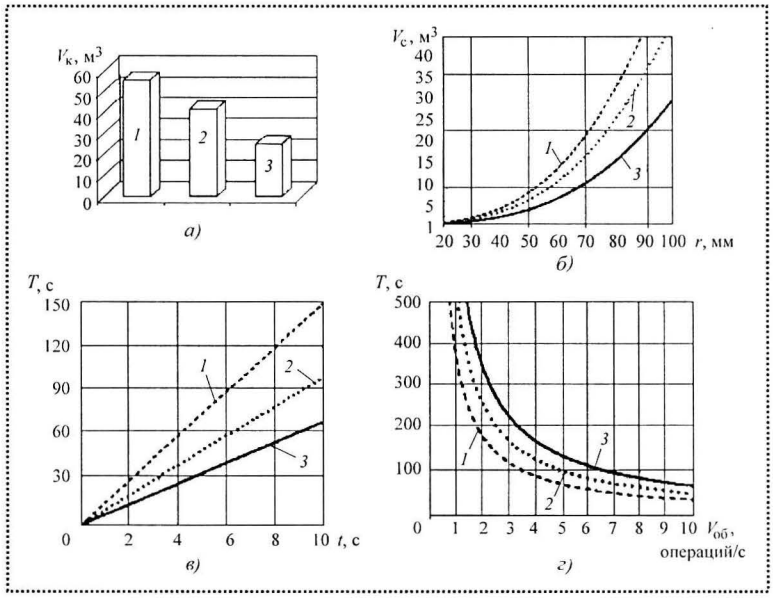


Рис. 3. Показатели различных видов сборочных машин:
1 – роторных; *2* – многоярусных; *3* – РММ; *а* – по объемам компоновок; *б* – по объемам сборочных машин; *в, г* – по длительности сборки от времени сборочных операций и от объемной производительности соответственно; $V_к$ – объемы компоновок; $V_с$ – объемы сборочных машин; *T* – длительность сборочных работ; $V_{об}$ – объемная производительность; *r* – радиус сборочного блока; *t* – время сборочной операции

расположением осей элементов, что увеличивает вероятность собираемости. При этом передачу штучных деталей из транспортного ротора *1* в технологические *2...8* осуществляют без потери ориентации деталей, что имеет большое значение при сборке резьбовых изделий из-за сложности их ориентации и базирования.

Конструктивно роторно-многоярусная сборочная машина имеет универсальную компактную структуру каждого из ярусов, что позволяет экономить производственную площадь, а также способствует уменьшению числа рабочих, занимающихся обслуживанием подобных систем.

В конструкцию каждого рабочего ротора входит контрольно-регистрирующее устройство, обеспечивающее непрерывность сборочного процесса тем, что осуществляет оповещение системы о недособранных или неверно собранных резьбовых изделиях. Это позволяет вовремя удалять их и исключать повреждение инструментального блока *11*.

Исследования компоновки предложенной РММ для сборки резьбовых изделий подтвердили ее высокую эффективность (рис. 3, зависимости *3*) по таким показателям, как объемы компоновок, объемы сборочных машин, длительности сборочных работ. Установлено, что применение РММ обеспечивает сокращение производственных объемов по сравнению с действующими роторными и многоярусными сборочными системами соответственно на 16 и 12 %. При этом происходит уменьшение длительности сборки соответственно в 2,2 и 1,5 раза, а объемная производительность увеличивается на 50 и 30 %.

Была проведена комплексная оценка эффективности использования РММ для сборки резьбовых изделий. Для этого был использован комплексный показатель эффективности сборочных машин, предложенный в работах [2, 3]:

$$E = \frac{П}{V},$$

где П – весовой коэффициент критерия производительности сборочных машин для резьбовых изделий; *V* – весовой коэффициент критерия производственных объемов, занимаемых сборочными машинами.

Сравнение значений комплексных показателей свидетельствует о том, что эффективность РММ для сборки резьбовых соединений в 2–2,5 раза выше по сравнению с роторными машинами сборки и в 1,5–1,6 раза выше по сравнению с многоярусной машиной. В связи с этим была разработана общая методика синтеза роторно-многоярусной машины с

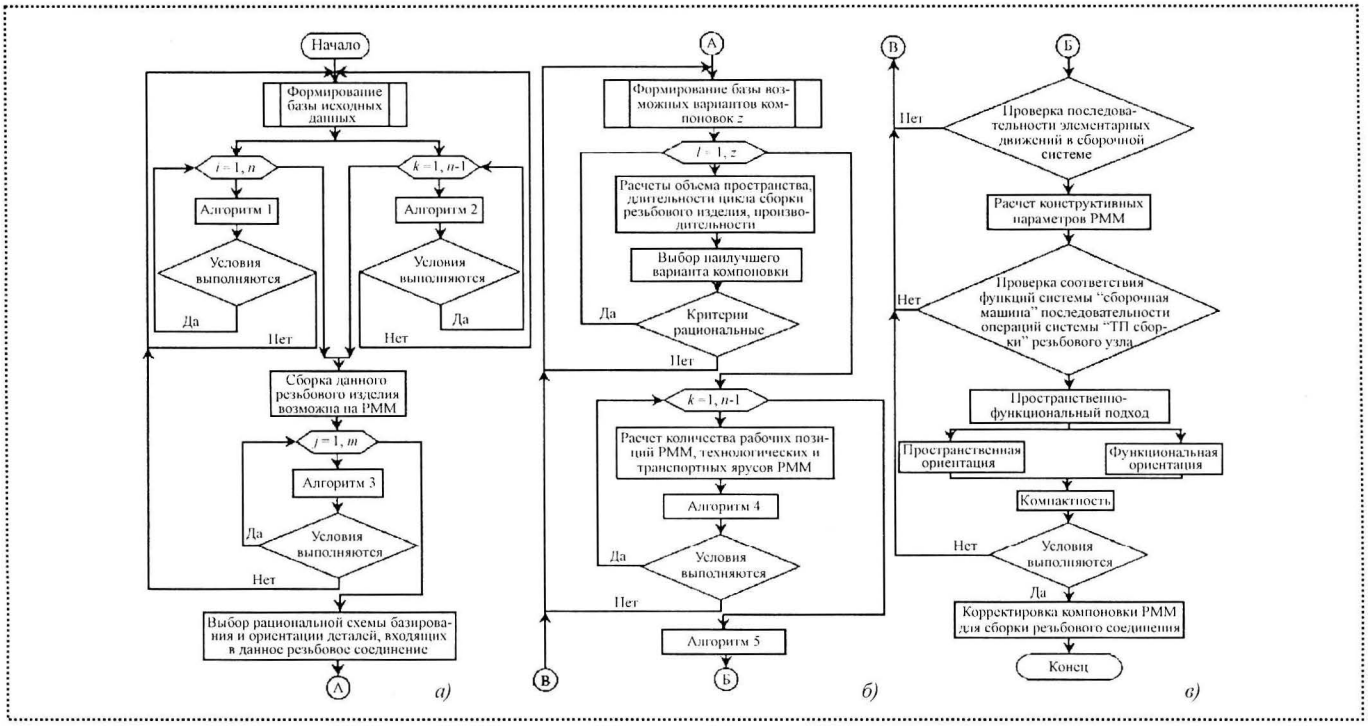


Рис. 4. Общий алгоритм реализации методики проектирования компоновки РММ для сборки резьбовых соединений:
а – алгоритм анализа резьбовых изделий, входящих в РММ; *б* – алгоритм определения числа рабочих позиций РММ; *в* – алгоритм оценки конструктивных параметров РММ; *n* – число исходных данных; *i, k* – номера данных из базы, необходимых для реализации применяемого алгоритма; *j* – номер резьбового соединения из *m* возможных; *z* – число компоновок; *l* – номер выбранной компоновки резьбового соединения; ТП – технологический процесс

рациональной вертикальной схемой установки резьбовых деталей, которую базируют на методах функционального, структурного и параметрического анализа и последующего синтеза каждой из подсистем процесса сборки [1, 4].

Последовательность общего синтеза эффективной РММ для сборки резьбовых соединений можно реализовать в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 4. В этом алгоритме предусмотрена реализация ряда программ, позволяющих:

- проводить анализ резьбовых деталей, входящих в сборочный узел (алгоритмы 1 и 2) и устанавливать возможность сборки резьбового изделия на РММ для заданных производственных условий (алгоритм 3);
- определять число рабочих позиций РММ (алгоритм 4) и находить рациональное число сборочных блоков (алгоритм 5);
- оценивать аналитически и графически влияние конструктивных параметров РММ на режимы ее работы;
- выполнять кинематический синтез компоновки РММ, задавая функциональные связи между каждым ее элементом.

Вывод

Разработанную методику синтеза РММ для сборки резьбовых изделий на базе пространственно-функционального подхода рекомендуют для использования в проектно-конструкторских организациях. Применение подобных машин позволит улучшить технологические параметры сборочных систем для сборки резьбовых изделий в машиностроении.

Список литературы

1. **Михайлов А.Н.** Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия. Донецк: ДонНТУ, 2002. 379 с.

2. **Водолазская Н.В., Михайлов А.Н.** Об эффективности процесса автоматизированной сборки резьбовых соединений. Situation and perspective of research and development in chemical and mechanical industry. Book 1: mechanical engineering. Kruševac (Югославия), 2001. С. 454–459.

3. **Михайлов А.Н., Водолазская Н.В.** К вопросу оценки компоновок роторных сборочных машин для резьбовых соединений // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2004. № 4. С. 34–37.

4. **Михайлов А.Н., Водолазская Н.В.** Моделирование процесса проектирования роторно-многоярусных систем для резьбовых изделий на базе пространственно-функционального подхода / В кн.: Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Международный сборник научных трудов. Вып. 27. Донецк, 2004. С. 196–204.

Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, *д-ра техн. наук*
(Ковровская государственная технологическая академия)

Методология разработки высокоточных многошпиндельных завинчивающих устройств

Предложена обобщенная методология создания высокоточных многошпиндельных завинчивающих устройств нового класса на основе пассивной адаптации.

Пусть требуется разработать высокоточный многошпиндельный гайковерт, у которого относительная погрешность осевых сил затяжки не должна превышать 2 %. Гайковерт должен автоматически обеспечивать требования качественной (герметичной) сборки.

Исследованиями [1] установлено, что гарантировать качественную автоматизированную сборку возможно, если процесс затяжки резьбовых соединений будет проходить в два этапа. На первом – одновременная предварительная затяжка моментом не более одной десятой от требуемого. На втором – окончательная затяжка синхронным поворотом резьбовых деталей на заданный угол затяжки.

На основе методов автоматического регулирования и управления предложена следующая структурная схема многоканальной системы управления многошпиндельным гайковертом (рис. 1).

На схеме введены обозначения: ЗУ – задающее устройство; УУ – устройство управления; U_0 – программное воздействие; 1, ..., n – каналы управления; БП$_1$, ..., БП$_n$ – блоки переключения приводов; $W_{пр1}$, ..., $W_{прn}$ – передаточные функции приводов по моменту; U_0, U, U_1^+, U_1^-, ..., U_n^+, U_n^- – управляющие воздействия, обеспечивающие max и min скорости приводов; W_{o1}, ..., W_{on} – передаточные функции объектов управления; $M_{пр1}$, ..., $M_{прn}$ – моменты приводов; $M_{в1}$, ..., $M_{вn}$ – возмущающие моменты в каналах; W_{M1}, ..., W_{Mn} – передаточные функции чувствительных элементов, измеряющих моменты сопротивления движению в каналах; W_{OC1}, ..., W_{OCn} – передаточные функции устройств обратной связи по моментам сопротивления; M_1, ..., M_n – моменты сопротивления движению; W_1, ..., W_n – передаточные функции устройств сравнения моментов; M_{F1}, ..., M_{Fn} – значения требуемых моментов затяжки; W_{n1}, ..., W_{nn} – передаточные устройства интеграторов скоростей вращения объектов управления; ω_1, ..., ω_n – значения угловых скоростей вращения резьбовых деталей; S_0 – начальное положение элемента; $U(S_1)$, ..., $U(S_n)$ – перемещения от n-го элемента; $U(M_1)$, ..., $U(M_n)$, $U(M_1 - M_{F1})$, ..., $U(M_n - M_{Fn})$ – сигналы о моменте сопротивления в каналах и разнице между моментом сопротивления и требуемым моментом затяжки соответственно.

На первом этапе сборки система управления выполняет функции определения участков изменения суммарных моментов сопротивления движению, т.е. обеспечивает уровень выбора управляющего воздействия. При движении на втором участке по сигналу об угле поворота резьбовой детали производится выключение привода. Регулирование величины крутящего момента в зависимости от момента сопротивления на первом участке движе-

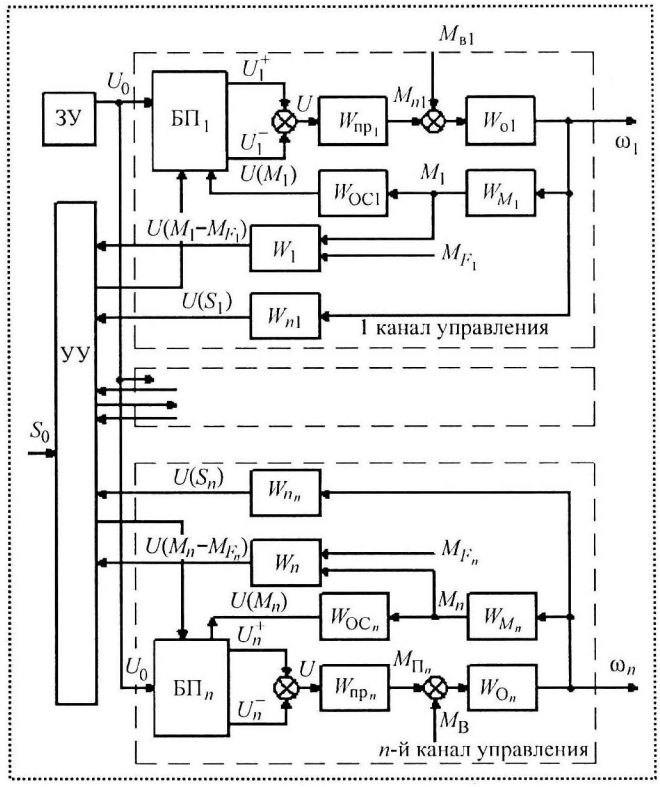


Рис. 1. Структурная схема многоканальной системы управления

ния производится блоком переключения в каждом канале управления по сигналам о моменте сопротивления в данном канале. При этом обеспечивается уровень регулирования выходных параметров каждого из каналов управления.

Использование электромеханических приводов в каналах управления вызвано тем, что они гарантируют достаточно высокую точность. Необходимость обеспечения обратных связей по моментам сопротивления движению приводит к решению задачи выбора соответствующих датчиков, преобразователей, корректирующих и усилительных устройств, что усложняет систему и снижает ее надежность.

Из структурной схемы управления многошпиндельным завинчивающим устройством следует, что данная система обеспечивает высокоточную затяжку групповых резьбовых соединений, т.е. можно утверждать, что решена проблема разработки высокоточных завинчивающих устройств нового класса. Но данная система управления процессом сложна, громоздка, ее не всегда можно воплотить в жизнь, например, при числе шпинделей более шести. Она требует установки на каждый шпиндель датчиков обратной связи и снятия с вращающихся шпинделей информации, что также весьма затруднительно.

Анализ структурной схемы управления и выявление возможностей ее упрощения

Активные обратные связи реализуют посредством датчиков, приводов и двигателей в схеме управления (см. рис. 1). Учитывая свойства дифференциальных механизмов (ДМ), можно заменить их на пассивные для парного числа шпинделей гайковерта. ДМ с большой чувствительностью к моментам сопротивления при переключении (равной приблизительно половине моментов сопротивления его кинематической ветви от выходной оси ДМ до резьбовой детали) реагирует на изменение моментов. При возрастании момента сопротивления на одной из выходных осей ДМ она прекращает вращение, в то время как вторая ось начинает вращаться с бóльшей частотой. Вращение первой оси возобновится только в случае выравнивания моментов сопротивления.

Для обеспечения предварительной затяжки резьбовых деталей перед ДМ располагают муфту предельного момента (МПМ) кулачкового типа, которая по достижении заданного момента предварительной затяжки начнет проскальзывать, не передавая вращение на ДМ.

На основании вышеизложенного следует, что многошпиндельный гайковерт должен кроме маломоментной, но быстроходной ветви вращения иметь высокомоментную, но тихоходную ветвь для обеспечения окончательной синхронной затяжки резьбовых соединений.

Эта ветвь, получая вращение от электродвигателя (ЭД), через планетарный редуктор (ПР) с бóльшим передаточным отношением, чем у редуктора (Р) первой ветви вращения, должна быть кинематически связана с выходными осями ДМ, а следовательно, с осями патронов завинчивающих устройств.

Когда вращение передается по первой ветви, вторая должна автоматически отключаться. Включение второй ветви происходит при передаче по ней вращения.

Функции автоматического переключения с одной ветви на вторую может выполнять механизм свободного хода (МСХ) храпового типа. Ведущим звеном МСХ должна быть обойма с подпружиненной собачкой, а ведомым – храповое колесо.

При передаче вращения по маломоментной, но быстроходной ветви, выходная обойма МСХ (храповое колесо) будет вращаться быстрее, чем входная обойма. Собачка будет проскальзывать, не передавая движение по второй ветви вращения. Но как только выходная ось ДМ остановится, собачка войдет во взаимодействие с храповым колесом и, толкая его, начнет передавать вращение по тихоходной, но высокомоментной ветви.

Такое переключение имеет дополнительное преимущество. В случае, если одна из резьбовых деталей будет локально повреждена (местное смятие резьбы от удара) либо возникнет мгновенный перекос осей детали и отверстия, за счет вращения по тихоходной ветви резьбовая деталь повернется, минуя это положение, исключая остановку при завинчивании и обеспечивая качественную затяжку соединения.

Точное измерение угла синхронной затяжки (поворота) резьбовых деталей на втором этапе можно обеспечить, установив датчики импульсов на подвижной полумуфте МПМ. При проскальзывании полумуфт подвижная будет совершать возвратно-поступательные движения вдоль оси вращения при сходе кулачков друг с друга. Датчик

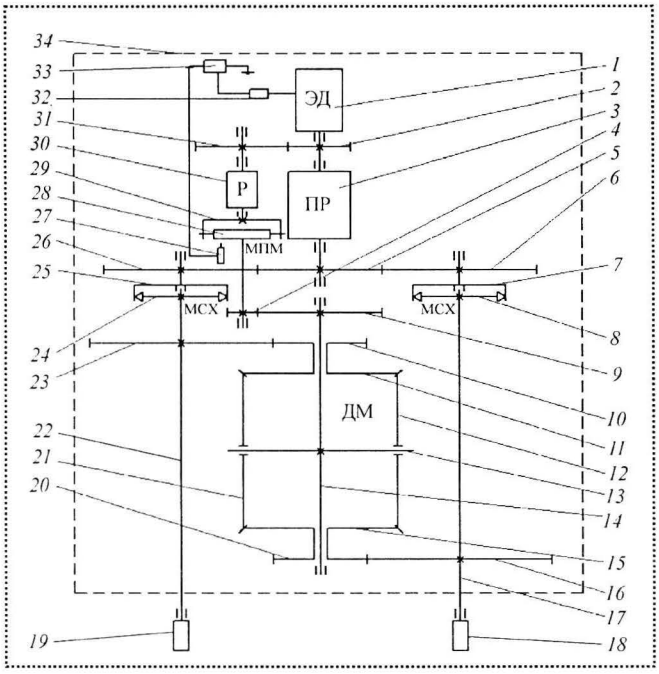


Рис. 2. Кинематическая схема гайковерта нового класса

фиксирует каждый импульс и при достижении требуемого числа импульсов будет автоматически отключен ЭД.

Кинематическая схема гайковерта представлена на рис. 2. В корпусе *34* гайковерта расположен ЭД *1*, на оси которого жестко закреплена зубчатая шестерня *2*, взаимодействующая с колесом *31*. Ось колеса связана с Р *30*. На выходной оси Р жестко закреплена полумуфта *29*, с которой взаимодействует подвижная подпружиненная полумуфта *28*. На оси полумуфты *28* жестко закреплена шестерня *4*, взаимодействующая с колесом *9*, ось которого является водилом *14* ДМ. Водило жестко закреплено с осью *13* сателлитов *12* и *21*, которые представляют собой конические шестерни.

Сателлиты взаимодействуют с коническими зубчатыми колесами соответственно *15* и *11*, выполненные заодно целое с шестернями *20* и *10*. Шестерни передают вращение на колеса *16* и *23*, жестко закрепленные на выходных осях *17* и *22*. С одной стороны осей жестко закреплены патроны *18* и *19* для удержания резьбовых деталей. Эта ветвь передачи вращения является быстроходной, но маломоментной.

ЭД *1* дополнительно связан с ПР *3*, на выходной оси которого жестко закреплена шестерня *5*. Она взаимодействует с колесами *6* и *26*, на осях которых жестко закреплены ведущие обоймы *7* и *25*. Обоймы снабжены подпружиненными собачками МСХ. Ведомые обоймы *8* и *24* снабжены храповыми колесами и жестко закреплены на выходных осях *17* и *22*. Эта ветвь передачи вращения является тихоходной, но высокомоментной.

Многошпиндельный гайковерт работает следующим образом. До тех пор, пока суммарный момент сопротивления на выходных осях *17* и *22* будет меньше момента, на который настроена МПМ, "быстрое" вращение передается от ЭД по следующей кинематической цепи: зубчатая пара *2*, *31*, Р, полумуфты *29* и *28* МПМ, зубчатые колеса *4* и *9*, ДМ – водило *14*, ось *13*, сателлиты *12* и *21*, зубчатые колеса *11* и *15*, шестерни *10* и *20*, далее колеса *23* и *16*, выходные оси *22* и *17*, патроны *19* и *18* и резьбовые детали.

За счет свойств дифференциала быстрое вращение будет у того патрона, момент сопротивления на котором в данное мгновение меньше, например *19*. При этом МСХ этой выходной оси будет совершать свободный ход (собачка проскальзывает), не передавая медленное вращение с большим крутящим моментом. Второй патрон *18*, момент сопротивления на котором в данное мгновение больше, не будет передавать вращение по быстроходной ветви, остановится, а затем начнет медлено вращаться.

Вращение передается по кинематической цепи: ЭД, ПР, зубчатые колеса *5* и *6*, обоймы МСХ *7* и *8*, выходная ось *17*, патрон *18*. Затем величины моментов сопротивления на патронах могут поменяться и, следовательно, изменятся скорости вращения и т.д. Если разница в моментах сопротивления на патронах *18* и *19* будет меньше половины величины моментов сил трения в кинематических цепях от выходных осей шестерен *10* и *20* до резьбовых деталей в патронах *18* и *19*, они будут вращаться с одинаковой высокой частотой вращения.

При достижении большего суммарного момента сил сопротивления на выходной оси МПМ, чем момент, на который настроена МПМ, ее полумуфты *28* и *29* начнут проскальзывать. Быстрое вращение передаваться не будет. Оба патрона *18* и *19* начнут вращаться медленно, но синхронно, так как собачки ведущих обойм *7* и *25* МСХ вступят во взаимодействие с храповыми колесами ведомых обойм *8* и *25*, обеспечивая их поворот на одинаковый угол по кинематической цепи вращения от МСХ до резьбовых деталей в патронах.

Поворот патронов на заданный одинаковый угол затяжки обеспечивают системой отсчета датчика отключения ЭД, которая при проскальзыва-

нии полумуфт МПМ вызывает перемещение подвижной полумуфты вдоль оси вращения, обеспечивая замыкание и размыкание контактов электрической цепи датчика импульсов *27*. Электрические сигналы (импульсы) регистрирует счетчик импульсов *33*. При достижении количества импульсов определенного числа, соответствующего углу затяжки, при помощи реле *32* отключают питание ЭД.

Разработанная простая кинематическая схема многошпиндельного высокоточного завинчивающего устройства нового класса на основе пассивной адаптации представляет собой механическую следящую систему. Для большего числа шпинделей кинематическую схему дополняют дифференциальными механизмами и механизмами свободного движения. Это позволяет создать многошпиндельные завинчивающие устройства с четным числом шпинделей.

Причины возникновения погрешностей сил затяжки, обусловленные выбранной кинематической схемой гайковерта

Гайковерты нового класса, в основу конструктивных особенностей которых заложены МСХ (храпового типа), ДМ, МПМ и зубчатые редукторы, *обеспечивают затяжку резьбовых соединений в два этапа:*

- одновременно предварительным моментом прижимают скрепляемую деталь к собираемому узлу по всей плоскости;
- синхронно поворачивают резьбовые детали на требуемый угол, обеспечивая окончательную затяжку соединений.

В процессе сборки резьбовых соединений могут возникать следующие погрешности.

1. Резьбовые детали, выполненные в пределах допуска, могут отличаться по длине завинчивания на $\Delta l_д$, что в пересчете на угол поворота составит

$$\Delta\varphi_д = \frac{2\pi\Delta l_д}{P},$$

где P – шаг резьбы.

2. При ручном наживлении резьбовых деталей (болтов или гаек) угол наживления может отличаться на $\Delta\varphi_н$ – порядка 0,5 оборота.

При автоматическом наживлении разница между началом наживления первой и второй резьбовых деталей может достигать $\Delta\varphi_{н_а}$, так как заходные кромки одной из деталей в момент наживления могут сразу совместиться с заходными кромками резьбового отверстия, а у другой детали – могут быть повернуты друг относительно друга более чем на 2/3 оборота. Известно, что при наличии неполных профилей заходных кромок резьб совмещение происходит при относительных угловых смещениях их до 1/3 оборота.

3. Наличие ДМ в конструкции гайковерта приводит к тому, что в момент начала предварительной затяжки на оси резьбовой детали, например, левой (см. рис. 2), с которой начинают затяжку, резко возрастает момент сопротивления. Происходит переключение быстрого вращения на медленное, и правая деталь увеличит скорость быстрого вращения в два раза. Это позволяет ей быстрее завершить процесс ввинчивания и несколько уменьшить отставание от начала предварительной затяжки левой детали.

Найдем max погрешность угла отставания начала предварительной затяжки правой детали относительно левой при автоматизированной сборке, считая, что окончательная синхронная затяжка резьбовых деталей начнется одновременно. При синхронном повороте деталей погрешности углов поворота, а следовательно, и осевых сил затяжки резьбовых соединений, равны нулю.

Пусть на момент начала затяжки правая резьбовая деталь накопила две погрешности:

$$\Delta\varphi_{пр} = \Delta\varphi_Д + \Delta\varphi_Н.$$

В момент переключения быстрого вращения на медленное левая деталь останавливается до того момента, пока собачка ведущей обоймы МСХ не войдет во взаимодействие с зубом храпового колеса ведомой обоймы. Максимальное время остановки

$$t_Z = \frac{60 \cdot i_{ДТ}}{Zn_Д},$$

где $i_{ДТ}$ – передаточное отношение от ЭД до оси вращения патрона по тихоходной ветви вращения; Z – число зубьев храпового колеса; $n_Д$ – частота вращения ЭД гайковерта.

За это время правая деталь сократит угол отставания от левой. Но мы будем считать, что собачка сразу вошла во взаимодействие с зубом храпового колеса, и остановки вращения не было.

Время отставания начала затяжки правой резьбовой детали от левой

$$t = \frac{\Delta\varphi_{пр}}{\omega_{ДБ}},$$

где $\omega_{ДБ}$ – угловая скорость вращения правого патрона по быстроходной ветви вращения, $\omega_{ДБ} = \frac{\pi n_{Д}}{30 \cdot i_{ДБ}}$; $i_{ДБ}$ – передаточное отношение от ЭД до оси вращения патрона по быстроходной ветви вращения.

Тогда левая резьбовая деталь повернется на угол затяжки

$$\Delta\varphi_{л} = \omega_{ДТ} t = \Delta\varphi_{пр} \frac{i_{ДБ}}{i_{ДТ}},$$

где $\omega_{ДТ}$ – угловая скорость вращения левого патрона по тихоходной ветви вращения.

Из последнего выражения видно, что чем меньше отношение $i_{ДБ}/i_{ДТ}$, тем меньше $\Delta\varphi_{л}$, а следовательно, отставание и относительная погрешность ΔQ сил затяжки между резьбовыми соединениями, так как

$$\Delta Q = \frac{\Delta\varphi_{л} F_{у} E_{у} P}{360 \cdot l},$$

где $F_{у}$ – площадь поперечного сечения уплотнения; $E_{у}$ – модуль упругости материала уплотнения; l – величина деформации тела резьбовой детали при затяжке, которая равна сумме толщин уплотнения и скрепляемой детали (фланца).

Задаваясь погрешностью ΔQ величины сил затяжки резьбовых соединений, можно найти предельную погрешность $\Delta\varphi$ отставания начала затяжки одной из резьбовых деталей, а по ней – соотношение передаточных отношений $i_{ДБ}/i_{ДТ}$, при котором будет обеспечена требуемая точность силы затяжки. При этом чем меньше это отношение, тем выше точность затяжки соединений и меньше производительность сборки.

В действующих гайковертах нового класса max значение этого соотношения составляет $\frac{i_{ДБ}}{i_{ДТ}} = \frac{1}{30}$.

Представлена методология разработки высокоточных многошпиндельных завинчивающих устройств нового класса на основе пассивной адаптации, конструктивное исполнение которых может быть принципиально отличным от представленного варианта гайковерта.

Список литературы

1. **Житников Б.Ю., Симаков А.Л.** Методология разработки универсальных, высокоточных, многошпиндельных завинчивающих устройств нового класса: монография / под общ. ред. Ю.З. Житникова. Ковров: ГОУ ВПО "КГТА", 2002. 216 с.

Журнал "Сборка в машиностроении, приборостроении" распространяется только по подписке

***Подписные индексы*:**

79748 – по каталогу агентства "Роспечать",
84967 – по Объединенному каталогу "Пресса России",
60257 – по каталогу "Почта России"
Стоимость подписки на первое полугодие – 7800 руб.

Подписку на журнал можно оформить в любом почтовом отделении или непосредственно в издательстве "Машиностроение" за наличный и безналичный расчет с любого номера и на любой срок.

- Заявки на подписку принимаются по почте, по телефону или по факсу.
- **Предприятия, оформившие подписку через издательство, оплачивают только стоимость подписки. Доставка журналов производится за счет издательства.**
- Все наши подписчики регулярно получают информацию о новых книгах и журналах издательства.
- **Постоянным подписчикам предоставляются скидки на публикацию рекламных объявлений.**

Телефон редакции 268-38-42.

А.В. Тимофеев, *д-р техн. наук*
(С.-Петербургский государственный технологический университет)

Программное управление сборочными роботами

Изложены основные проблемы, связанные с программным управлением сборочными роботами. Рассмотрены структура и функции сборочных роботов и робототехнических систем, эволюция принципов управления роботами, сформулированы цели и задачи управления сборочными роботами. Приведены математические зависимости, связанные с формулировкой задач и методов автоматического планирования и программирования движений манипуляторов, а также с построением алгоритмов оптимизации движений манипулятора на графе планов. Изложен метод автоматического построения и оптимизации программных движений манипулятора и аналитического синтеза оптимального программного управления.

Структура и функции роботов и робототехнических систем

Первые промышленные роботы и робототехнические системы (РТС) на их основе были разработаны и внедрены в технологические процессы в середине 1960-х годов. Эти РТС представляли собой простейшие технологические ячейки, в состав которых входило основное технологическое оборудование (станки с ЧПУ, машины литья под давлением, прессы и т.п.) и обслуживающий их робот. При этом на робот обычно возлагались рутинные, вспомогательные операции (к примеру, загрузка и выгрузка заготовок), которые требовали использования ручного труда и долгое время не поддавались автоматизации. Только с появлением в 1962 г. манипуляционных роботов открылась реальная возможность автоматизации ручного труда и, в частности, сборочных операций. В дальнейшем появились транспортные и манипуляционно-транспортные роботы и РТС с элементами искусственного интеллекта, которые позволили существенно расширить круг автоматизированных технологических операций, включая сборочные операции.

Главными отличительными чертами роботов от традиционных средств автоматизации производства являются гибкость, адаптивность, интеллектуальность и универсальность. Рассмотрим подробнее каждое из указанных свойств.

Под гибкостью роботов понимают способность их управляющей системы быстро перестраиваться на выполнение новых операций. Обычно это достигают путем перепрограммирования движений роботов в режиме обучения их управляющей системы. Скорость переобучения (перепрограммирования) роботов новым операциям придает РТС гибкость, которую до этого имели технологические ячейки, обслуживаемые человеком.

Адаптивность роботов проявляется в их способности быстро реагировать на внешние и внутренние возмущения и автоматически приспосабливаться к изменяющимся условиям функционирования. Адаптационные возможности роботов определяют, прежде всего, средствами их "очувствления", т.е. ассортиментом датчиков внутренней и внешней информации, и алгоритмическим и программным обеспечением самонастройки (адаптации) управляющей системы.

Важно отметить, что именно способность роботов быстро перестраиваться на новые операции и приспосабливаться к изменяющейся производственной обстановке принципиально отличает их от традиционных средств автоматизации (станков-автоматов поточных автоматических линий и т.п.). Последние конструируют таким образом, чтобы в течение всего срока эксплуатации надежно выполнять только ту технологическую операцию, для автоматизации которой они служат.

Поэтому применение традиционных средств автоматизации с жесткой структурой и неизменным алгоритмом управления целесообразно и экономически выгодно только при многократном повторении операции. Такие условия возникают при крупносерийном и массовом производстве.

Интеллектуальность роботов заключается в их способностях решать задачи интеллектуального характера: анализ сложных изображений и сцен, распознавание образов, планирование движений и операций, диагностика состояний и т.п. Эту способность обеспечивают введением в управляемую систему тех или иных средств искусственного интеллекта. Например, интеллектуальные сборочные роботы должны быть обеспечены встроенными

системами анализа и распознавания 2D- или 3D-изображений и планирования сборочных операций.

Универсальность (многофункциональность) роботов позволяет успешно решать не одну задачу, а целый класс производственных задач. Этот класс тем шире, чем разнообразнее функциональные возможности роботов, определяемые их кинематической схемой, динамикой приводов, разнообразием датчиков внутренней и внешней информации, средствами адаптации и уровнем искусственного интеллекта.

Универсальность роботов позволяет автоматизировать практически любые, в том числе сборочные, операции, выполняемые рабочими в условиях современного производства с характерной для него большой номенклатурой и частой сменяемостью выпускаемой продукции.

Рассмотрим структуру и функции роботов в составе РТС и гибких автоматизированных производств (ГАП). В общем случае робот служит для автоматизации основных и вспомогательных технологических операций и для обслуживания оборудования в соответствии с заданным производственным процессом. В этом смысле робот является центральным элементом РТС и автоматических сборочных систем (АСС).

Структурная схема (архитектура) робота, встроенного в РТС, состоит из следующих взаимосвязанных систем [2]:

- информационной;
- управляющей;
- коммуникационной;
- двигательной.

Информационная система – это своего рода искусственные "органы чувств" робота. Поэтому ее часто называют сенсорной системой. Она предназначена для восприятия и преобразования информации о состояниях робота и обслуживаемого им технологического оборудования в соответствии с потребностями системы автоматического управления, играющей роль "мозга". В качестве элементов информационной системы обычно используют телевизионные и оптико-электронные устройства, ультразвуковые датчики, лазерные дальномеры, тактильные, контактные и индукционные датчики, датчики положения, скорости, сил и моментов, акселерометры и т.п.

Система автоматического управления служит для выработки закона управления приводами двигательной системы на основе сигналов обратной связи от информационной системы. Другая важная функция системы автоматического управления – это планирование действий, программирование движений и принятие целенаправленных решений. Систему автоматического управления обычно реализуют на базе микроЭВМ, микропроцессоров или цифровых сигнальных процессоров, имеющих большой ассортимент входных (аналого-цифровых) и выходных (цифроаналоговых) преобразователей и каналов связи. По этим каналам прямой и обратной связи, число которых колеблется от нескольких десятков до нескольких тысяч, могут передаваться непрерывные (аналоговые) и дискретные (цифровые) сигналы. Управляющие ЭВМ или встроенные микропроцессоры для роботов строят в малогабаритном транспортабельном исполнении. В этом случае они обладают повышенной надежностью. Адаптационные возможности и интеллектуальные способности робота определяют главным образом тем, какое алгоритмическое и программное обеспечение заложено в его систему управления.

Коммуникационная система (система связи) предназначена для обмена информацией между роботом, человеком и технологическим оборудованием. Цель такого обмена: передача роботу заданий в соответствии с изменяющейся технологией производства, контроль за функционированием робота, диагностика неисправностей, регламентная проверка, настройка подсистем робота и т.п. Важной частью системы связи современных роботов является многомодальный человеко-машинный интерфейс.

Двигательная система определяет динамические свойства робота, в частности, его способность совершать разнообразные движения, диктуемые технологическим процессом. Управляющие сигналы, формируемые системой автоматического управления, поступают на исполнительные приводы двигательной системы и фактически отрабатываются ею. Тем самым обеспечивают возможность автоматизации широкого класса технологических операций, возлагаемых на роботов и РТС. В качестве конструктивных элементов двигательной системы робота используют электрические, гидравлические, пневматические и мускульные приводы, приводящие в движение исполнительные механизмы (манипуляторы, захватные устройства, тележки с различными типами шасси и т.п.). В роли двигательной системы могут также выступать такие уст-

ройства, как силовая лазерная установка для обработки заготовок или устройства манипулирования деталями с помощью электромагнитного поля.

Благодаря гибкости, адаптивности, интеллектуальности и универсальности роботы могут выполнять те виды физической или умственной работы, которые принципиально невозможно или экономически нецелесообразно автоматизировать традиционными техническими средствами.

Развитие ГАП на базе РТС требует уточнения понятия "робот". Дело в том, что в современной промышленной робототехнике сложилась упрощенная трактовка этого понятия. Так, по определению Американского института роботов "робот – это перепрограммируемый многофункциональный манипулятор, предназначенный для перемещения материалов, деталей, инструментов или специальных устройств посредством перепрограммируемой переменной совокупности движений, направленной на выполнение широкого круга задач".

Аналогичным образом понятие "робот" определяется в ГОСТ 25686–85, согласно которому промышленный робот – это автоматическая машина, представляющая собой совокупность манипулятора и перепрограммируемого устройства управления, для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций, заменяющих функции человека при перемещении предметов производства и оснастки. При этом под перепрограммируемостью понимают возможность менять управляющую программу с помощью человека-оператора или автоматически путем переключения программ, заранее занесенных в память устройства управления.

Приведенные определения несколько сужают понятие "робот". Они не охватывают, в частности, транспортные, манипуляционно-транспортные работы, которые играют важную и все возрастающую роль в РТС и ГАП, поэтому данные определения целесообразно уточнить и расширить.

Роботом будем называть универсальную машину с программным, адаптивным или интеллектуальным управлением для автоматизации производства, способную быстро перестраиваться с одних технологических операций на другие и адаптироваться к изменяющимся производственным условиям путем информационного и двигательного взаимодействия с обслуживаемым оборудованием и объектами производства. В зависимости от типа двигательной системы и характера выполняемых технологических операций роботы могут быть манипуляционными, транспортными, измерительными, сборочными и т.п.

Робот вместе с обслуживаемым им оборудованием образует роботизированный технологический комплекс. Если этот комплекс имеет единую (глобальную) систему автоматического управления на базе средств вычислительной техники, будем называть его робототехническим комплексом (РТК) [1].

Простейшим видом РТК являются роботизированные технологические ячейки (РТЯ), предназначенные для автоматизации небольшого числа основных или вспомогательных технологических операций. РТЯ имеют индивидуальную (локальную) систему управления – если основные технологические операции выполняет сам робот, или групповую систему управления – если основные операции возлагают на технологическое оборудование, а вспомогательные – на робот.

Более сложным видом РТК являются роботизированные технологические участки и линии (РТУ и РТЛ). Они служат для автоматизации широкого класса основных и вспомогательных операций. РТУ обычно включает несколько единиц технологического оборудования и роботов, координацию работы которых осуществляют единой системой автоматического управления. Если операции, выполняемые на РТУ, технологически связаны и выполняются последовательно, то такой комплекс называется РТЛ.

Промышленные РТК можно рассматривать как ядро ГАП, в состав которого могут входить, например, несколько РТУ, автоматизированный склад и обслуживающие их транспортные роботы. Интеграция нескольких ГАП на базе единой (глобальной) системы автоматического управления позволяет создать роботизированные заводы-автоматы с гибкой безлюдной технологией.

Применение роботов и РТК в ГАП открывает реальные возможности и широкие перспективы для создания принципиально новых технологических процессов: участие в технологическом процессе человека является препятствием на пути комплексной автоматизации и интенсификации производства. При этом имеются в виду как принципиально ограниченные производственные возможности человека (например, в отношении грузоподъемности, производительности или точности выполнения технологических операций), так и ограничения на парамет-

ры окружающей среды, освещенности и т.п., связанные с необходимостью поддержания комфортных условий на рабочих местах.

Эволюция принципов управления роботами

Роботы и создаваемые на их основе РТС и РТК принято делить на три поколения [2, 3]. За время своей истории роботы и РТК претерпели ряд качественных изменений элементной базы, на которой они строятся, и принципов управления, реализуемых в системе автоматического управления.

Роботы первого поколения – это роботы с программным управлением (программные роботы). Они предназначены в основном для выполнения определенной, заранее запрограммированной последовательности операций, диктуемой тем или иным технологическим процессом. Управление роботами первого поколения осуществляется по жесткой программе, формируемой в режиме обучения с помощью оператора.

Приемлемое качество управления достигается лишь при строго определенных и неизменных условиях функционирования. Простота изменения программы, т.е. простота переобучения роботов первого поколения при переходе на новые операции, сделала эти роботы достаточно универсальными и гибко перестраиваемыми на различные классы производственных задач в пределах их функциональных возможностей.

Область возможных и экономически целесообразных применений роботов первого поколения достаточно широка. Их успешно применяют в РТК и ГАП с программным управлением для обслуживания металлорежущего оборудования (в частности, станков с числовым программным управлением), штампов, прессов, сборочных линий, сварочных аппаратов, литейных машин и др. Они осуществляют установку, снятие, транспортировку, упаковку изделий, простейшие сборочные операции, сварку, ковку, литье под давлением, термическую и механическую обработку.

Функциональные возможности роботов первого поколения ограничены малым ассортиментом датчиков и несовершенством системы программного управления. Последняя служит в основном лишь для осуществления жесткой программы, заранее заложенной в память. Способность к восприятию обстановки в рабочей зоне у роботов первого поколения практически отсутствует. Поэтому эти роботы обычно не могут функционировать полностью автономно. Их программирование в режиме обучения требует вмешательства оператора.

Успешное применение роботов с программным управлением возможно лишь при достаточно детерминированных и неизменных условиях. Для организации таких условий необходимо дополнительное технологическое оборудование, стоимость которого зачастую сравнима со стоимостью самого робота. Это усложняет процесс роботизации производства, делает его менее гибким, требует дополнительных затрат. Поэтому в последнее время особую актуальность приобрели научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по созданию более совершенных роботов и РТК следующих поколений.

Роботы второго поколения – это роботы с адаптивным управлением. Они отличаются от программных роботов, **во-первых,** существенно бóльшим ассортиментом сенсорных устройств, особенно датчиков внешней информации (телевизионные или оптические системы искусственного зрения, тактильные, силовые, локационные датчики и т.п.) и, **во-вторых,** более сложной самонастраивающейся системой автоматического управления. Последняя уже не сводится к простому устройству для запоминания и отработки жесткой программы движения, а требует для своей реализации управляющей ЭВМ и микропроцессоров.

Искусственные "органы чувств" (или система очувствления) роботов второго поколения формируют сигналы обратной связи для системы автоматического управления. Последняя, обрабатывая поступающую информацию, синтезирует и корректирует закон управления исполнительными приводами и механизмами робота с учетом реально сложившейся производственной обстановки. Этот закон управления может иметь ситуационный характер. В этом случае его синтез сводится к формированию связей типа "класс ситуаций – действие".

Другой способ адаптивного управления роботами сводится к аналитическому синтезу закона управления с обратной связью через систему очувствления. Такое управление принято называть робастным. Его адаптационные возможности также принципиально ограничены.

Более совершенным является такой способ управления, при котором сенсорное управление дополняется алгоритмом автоматической настрой-

ки (самонастройки) его параметров. Адаптационные возможности управления с самонастройкой практически не ограничены. За счет самонастройки системы управления робот может адаптироваться к заранее неизвестным и непредсказуемо меняющимся условиям эксплуатации.

Неотъемлемой частью роботов второго поколения является их программное обеспечение, реализующее описанные выше способы и алгоритмы управления. По мере совершенствования роботов и расширения класса решаемых ими задач относительная доля затрат на алгоритмическое и программное обеспечение системы автоматического управления неуклонно увеличивается.

Это объясняется тем, что затраты на конструкционные компоненты роботов в известной мере стабилизировались. В то же время функциональные возможности роботов второго поколения определяют именно программным обеспечением и могут быть существенно расширены путем наращивания программ обработки сенсорной информации и адаптивного управления.

Роботы второго поколения, оснащенные бóльшим ассортиментом датчиков и мультипроцессорной управляющей системой с развитым программным обеспечением, значительно превосходят по своим возможностям роботы первого поколения благодаря возможности воспринимать внешнюю обстановку, анализировать сенсорную информацию и приспосабливаться к изменяющимся условиям эксплуатации. Очувствленные роботы могут манипулировать неориентированными и неупорядоченными деталями, осуществлять сложные сборочные и монтажные операции, реагировать на препятствия в рабочей зоне.

В настоящее время промышленность активно осваивает выпуск роботов второго поколения. Тысячи таких роботов уже используют в РТК с адаптивным управлением, которые встраивают в ГАП и АСС. В ряде научных центров ведутся интенсивные исследования по разработке алгоритмического и программного обеспечения, а также средств очувствления перспективных моделей адаптивных роботов для гибкой автоматизации производства и автоматической сборки. Особое внимание в этих разработках уделяют системам технического зрения, тактильному и силомоментному очувствлению роботов, а также алгоритмам адаптации.

Третье поколение роботов – это роботы с интеллектуальным управлением от ЭВМ. Они принципиально отличаются от роботов второго поколения сложностью функций и совершенством системы автоматического управления, включающей в себя те или иные элементы искусственного интеллекта. Интеллектуальные роботы предназначены не столько для имитации физических действий человека, сколько для автоматизации его интеллектуальной деятельности, т.е. для решения производственных задач интеллектуального характера.

Отличительной чертой интеллектуальных роботов является их способность к обучению на опыте и адаптации в процессе решения задач. Умение решать интеллектуальные задачи существенно зависит от того, как протекал процесс обучения и адаптации робота.

Существуют различные возможности придать очувствленному роботу те или иные элементы искусственного интеллекта. Структуру и совершенство систем автоматического управления интеллектуальных роботов определяют техническими возможностями реализации нужных элементов интеллекта, а также содержанием и сложностью производственных задач.

В общем случае интеллектуальный робот способен вести диалог с человеком, формировать в себе модель производственной обстановки, распознавать и анализировать ситуации, обучаться понятиям и навыкам, планировать поведение, строить программные движения двигательной системы и осуществлять их надежную отработку в условиях препятствий и неполной информированности об изменяющихся производственных условиях.

Развитие робототехники находится на грани качественного скачка: главное внимание уделяют разработке и серийному выпуску роботов с адаптивным и интеллектуальным управлением, а также созданию на их основе унифицированных РТК второго и третьего поколений. Мощным катализатором их ускоренного развития являются ГАП и АСС, которые выступают как основной потребитель адаптивных роботов и РТК с элементами искусственного интеллекта.

В связи с быстрым развитием нейрокомпьютеров и нейросетевых технологий обработки информации возникла реальная возможность создания систем нейронного управления роботами. Такие системы не программируют заранее. Они обучаются и самоорганизуются на решение различных двигательных, информационных и интеллектуальных задач.

Обычно системы нейронного управления роботами имеют трехслойную архитектуру и состоят из нейроподобных элементов с настраиваемыми связями и синаптическими параметрами (весами), параллельно работающими в каждом слое [4]. В этом случае после обучения робота решению задач формирование управления осуществляют за три такта параллельных вычислений независимо от сложности (числа степеней свободы и т.п.) робота или технологических операций.

Роботы четвертого поколения – это роботы с нейронным управлением. Принципы нейронного управления в значительной степени аналогичны принципам работы мозга и нервной системы человека. Сегодня роботы четвертого поколения востребованы в основном в аэрокосмической робототехнике (беспилотные самолеты и вертолеты, космические роботы и т.п.). Однако в перспективе они могут найти применение и в автоматической сборке.

Цели и задачи управления сборочными роботами

Целью программного управления сборочными роботами является высококачественное (по точности, быстродействию и т.п.) выполнение сборочных операций.

Задача программного управления распадается на две взаимосвязанные задачи [1, 2]:

1. Программирование и оптимизация движений исполнительных механизмов в среде с препятствиями.

2. Управление программным движением с учетом времени и конструктивных ограничений.

Оптимизация программного управления сборочными роботами существенно повышает эффективность их использования. Проблемы и методы оптимального программного управления на базе ЭВМ для разных видов роботов хотя и имеют свою специфику, во многом схожи между собой. Поэтому возникающие проблемы целесообразно рассмотреть совместно с единых методологических позиций. Такой подход разумен еще и потому, что позволяет легко перенести опыт оптимизации управления с одних видов сборочных роботов на другие.

При оптимизации управления движением сборочных роботов можно стремиться к достижению различных критериев. Поскольку система программного управления имеет иерархическую структуру, приходится говорить об оптимизации на различных уровнях иерархии. Так, можно говорить об оптимизации на уровне планирования и программирования движений или об оптимизации в процессе стабилизации и регулирования.

До последнего времени программирование движений промышленных роботов производилось оператором, который в режиме обучения формировал требуемую программу движений и записывал ее в запоминающее устройство. Недостатками такого метода являются большая трудоемкость и длительность процесса обучения (требующего к тому же высокой квалификации оператора) и жесткость формируемой программы движения. Это делает невозможным оперативное изменение программы в реальных условиях, которая может в значительной степени отличаться от идеальной.

Понятно, что для роботов, функционирующих в условиях априорной неопределенности и при наличии разного рода возмущений, а также в экстремальных условиях, опасных для жизни человека, такой способ программирования становится неэффективным. Практически этот способ может приводить к недопустимой потере точности или даже к аварийным ситуациям.

Это диктует необходимость разработки гибких алгоритмических средств автоматического программирования и оптимизации движений роботов, обеспечивающих адаптацию к неизбежным на практике возмущениям и препятствиям. При таком подходе оказывается возможным оперативно учитывать дополнительную информацию, поступающую в процессе эксплуатации робота, и соответствующим образом автоматически корректировать программу движения.

Задачи и методы автоматического планирования и программирования движений

Перейдем к точной формулировке задачи алгоритмического планирования синтеза и оптимизации программных движений (ПД). Динамику манипуляторов сборочных роботов описывают дифференциальным уравнением [1]

$$A(q, \xi)\ddot{q} + b(q, \dot{q}, \xi) = u, \; t \in [t_0, t_T], \qquad (1)$$

где $q = q(t)$ – n-мерный вектор обобщенных управляемых координат в момент времени t; $\dot{q}, \ddot{q}$ – соответственно скорость и ускорение q; u – n-мерный вектор управляющих сил или моментов, вырабатываемых исполнительными приводами; ξ – n-мерный

вектор параметров (инерционные характеристики звеньев и объекта манипулирования, коэффициенты сухого и вязкого трения и т.д.); $t_T - t_0 = T$ – время движения; $A(q, \xi)$, $b(q, \dot{q}, \xi)$ – соответственно заданные матрица-функция и вектор-функция размерностей $n \times n$ и n; t_T – конечный момент времени движения.

Движения звеньев манипулятора и управляющие воздействия приводов на практике ограничены:

$$Q(t) \in Q_q,\ \dot{q}(t) \in Q_{\dot{q}} \ \text{ при } t \in [t_0, t_T], \tag{2}$$

$$u(t) \in Q_u \ \text{ при } t \in [t_0, t_T], \tag{3}$$

где Q_q, $Q_{\dot{q}}$, Q_u – заданные множества, вид которых определяют конструкцией манипулятора сборочного робота.

Задача программного управления движением заключается в том, чтобы привести манипулятор из заданного начального состояния в желаемое конечное состояние, т.е. соответствующее решение уравнения (1) должно удовлетворять граничным условиям

$$\begin{aligned} &q(t) = q_0,\ q(t_T) = q_1; \\ &\dot{q}(t_0) = \alpha_0,\ \dot{q}(t_T) = \alpha_1, \end{aligned} \tag{4}$$

где q_0, q_1, α_0, α_1 – значения векторов, определяющих граничные условия.

Теперь можно дать точное определение понятию ПД. ПД $q_p(t)$ будем называть решение уравнения (1), удовлетворяющее конструктивным ограничениям (2), (3) и граничным условиям (4). Для оценки качества ПД нужно задаться тем или иным критерием оптимальности. Таким критерием может быть, например, минимизация энергетических затрат или минимизация времени движения.

ПД $q_p^{\circ}(t)$, на котором функционал качества принимает минимальное значение, будем называть оптимальным. Заметим, что ПД $q_p^{\circ}(t)$, минимизирующее время движения T, обеспечивает, как правило, наибольшую производительность сборочного робота.

Зная оптимальное ПД $q_p^{\circ}(t)$ и подставляя его в уравнение (1), получим следующий оптимальный закон программного управления:

$$u_p^{\circ}(t) = A[q_p^{\circ}(t), \xi]\ddot{q}_p^{\circ}(t) + b[q_p^{\circ}(t), \xi]q_p^{\circ}(t). \tag{5}$$

Таким образом, задача оптимального программного управления роботом сводится к учету динамики и оптимизации его ПД.

Для решения задачи оптимизации в принципе применимы классические методы вариационного исчисления. Однако необходимость учета ограничений (2), (3) (а в ряде случаев еще и требования обхода препятствий) делает эти методы малоэффективными или вообще непригодными. Поэтому целесообразна разработка специальных методов, учитывающих специфику задачи оптимизации ПД сборочных роботов. Обобщенными координатами q_i обычно служат углы между звеньями (в случае вращательных пар) и длины звеньев (в случае поступательных пар).

По конфигурации $q(t)$ манипулятора однозначно определяют положение $r(t) = |r_i(t)|_{i=1}^{3}$ его захвата (иногда в число компонент вектора r включают не только декартовы координаты выбранной точки захвата, но и его ориентацию, т.е. направляющие косинусы). Тем самым задают оператор Ф, описывающий кинематику манипулятора сборочного робота:

$$\Phi[q(t)] = r(t),\ t \in [t_0, t_T]. \tag{6}$$

Множество $D = \Phi(Q_q)$ является областью достижимости манипулятора. Обозначим через $M(q)$ множество в $D \subset R^3$, занимаемое манипулятором в конфигурации q. Пусть $P \subset R^3$ – некоторые объекты, играющие роль препятствий. Введем предикат препятствий

$$\sigma(q) = \begin{cases} 1, \text{ если } P \cap M(q) \neq \varnothing; \\ 0 \text{ – в противном случае,} \end{cases} \tag{7}$$

который информирует, пересекает ли манипулятор в конфигурации q препятствия P.

Задачу наведения захвата в заданную точку формируют следующим образом. Пусть в D задана целевая точка r_* и пусть $q(t_0) \in Q_q$, $\dot{q}(t_0) \in Q_{\dot{q}}$, $\sigma[q(t_0)] = 0$. Требуется построить ПД $q_p(t)$ так, чтобы выполнялись граничные условия вида

$$\begin{aligned} &q_p(t_0) = q_0,\ \Phi[q_p(t_T)] = r_*, \\ &\dot{q}(t_0) = \alpha_0,\ \dot{q}_p(t_T) = 0 \end{aligned} \tag{8}$$

и условия обхода препятствий

$$\sigma[q_p(t)] = 0 \ \text{ при всех } t \in [t_0, t_T]. \tag{9}$$

Задачу отслеживания захватом заданной траектории ставят несколько иначе: по заданной траектории $r_*(t)$ захвата и начальному состоянию $x_p(t)$ манипулятора построить ПД $q_p(t)$ так, чтобы

$$\Phi[q_p(t)] = r_*(t) \text{ при } t \in [t_0, t_T] \qquad (10)$$

и выполнялось условие обхода препятствий (9).

Конструктивные ограничения (2) и (3) на обобщенные координаты и внешние препятствия порождают значительные трудности при решении сформулированных задач:

• во-первых, не для всякой траектории $r_*(t)$ захвата, целиком лежащей в области D достижимости, существует отвечающее ей непрерывное ПД $q_p(t)$;

• во-вторых, наличие препятствий заставляет отбросить ряд решений уравнения (6) как недопустимые;

• в-третьих, могут возникнуть осложнения при фактическом построении ПД.

В целом можно сказать, что учет естественных ограничений и препятствий при алгоритмическом синтезе ПД манипуляторов сборочных роботов порождает тупиковые ситуации различных типов. Выявление и обход такого рода ситуаций требует разработки специальных средств анализа и предварительного планирования ПД.

В настоящее время известны различные подходы к проблеме планирования ПД манипуляторов.

Отличительными особенностями метода планирования ПД являются [1]:

♦ упаковка области D достижимости (или множества Q_q допустимых конфигураций) многогранниками в целях построения графа планов;

♦ редукция задачи планирования к выбору и оптимизации пути на графе планов;

♦ адаптация к препятствиям на графе планов;

♦ построение каркаса ПД по его плану.

Основным достоинством предлагаемого метода планирования ПД является то, что задачу обхода тупиковых ситуаций удается свести к последовательности локальных задач программирования движений. Для решения последних применимы многие известные алгоритмы построения ПД [1, 5].

Эти алгоритмы сами по себе являются локальными в том смысле, что без дополнительных средств глобального планирования ПД они могут приводить (и фактически приводят) к тупиковым ситуациям даже в тех случаях, когда ПД на самом деле существует. Поэтому предварительное планирование ПД позволяет значительно расширить область применимости как уже известных алгоритмов, так и локальных алгоритмов построения ПД, которые будут предложены в будущем.

Следует отметить, что другой, рассматриваемый ниже, гибкий метод синтеза и оптимизации ПД, основанный на специальной параметризации ПД с учетом граничных условий (4) [1], не требует предварительного планирования. Этот метод является глобальным. Однако при сложном характере препятствий область решения неравенств-ограничений, к которым приводит гибкий метод синтеза ПД, может оказаться многосвязной. В подобных случаях этот метод также нуждается в предварительном планировании ПД, что позволяет локализовать ту или иную область решений неравенств-ограничений.

Список литературы

1. **Тимофеев А.В.** Управление роботами. Л.: ЛГУ, 1985. 217 с.

2. **Тимофеев А.В.** Системы искусственного интеллекта для гибких автоматических производств. Л.: ЛДНТП, 1985. 14 с.

3. **Омату С., Халид М., Юсуф Р.** Нейроуправление и его приложения. М.: ИПРЖР, 2000. 272 с.

4. **Тимофеев А.В., Богданов А.А.** Синтез нейросетевых регуляторов для оптимального управления роботами и мехатронными системами: Сб.: Робототехника и мехатроника, СПб.: БГТУ, 1996. С. 115–125.

5. **Тимофеев А.В., Экало Ю.В.** Системы цифрового и адаптивного управления роботов. СПб.: Издательство СПбГУ, 1999. 248 с.

6. **Тимофеев А.В.** Методы высококачественного управления, интеллектуализации и функциональной диагностики автоматических систем. Ч. I, ч. II // Мехатроника, автоматизация, управление. 2003. № 5, 2004. № 2.

7. **Тимофеев А.В.** Мультиагентное и интеллектуальное управление сложными робототехническими системами: Сб. "Теоретические основы и прикладные задачи интеллектуальных информационных технологий". СПб.: СПИИРАН, 1999. С. 71–81.

(Продолжение следует.)

УДК 629.119, 620.193

С.М. Гайдар *(Центральный научно-исследовательский институт радиоэлектронных систем)*

Особенности эксплуатации и ремонта автомобильной техники, обусловленные коррозионными процессами в резьбовых соединениях

Дан анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на техническое состояние автомобильной техники. Показано, что при ремонте автомобиля ни одна операция не обходится без работы с резьбовыми соединениями, в которых под воздействием атмосферных условий и механических нагрузок возникают термоокислительные и коррозионные процессы, увеличивающие трудозатраты по устранению отказов техники. Выявлены причины возникновения указанных негативных процессов. Установлено, что снижение трудоемкости при ремонте автомобильной техники может быть достигнуто путем использования высокотемпературной смазки в резьбовых соединениях.

Analysis presented of those design, tevhnology, and operative factors affecting the technical condition of motor vehicles. Demonstrated that in course of automobile repair neither operation may be performed without implementing the threaded connections. Such connections feature thermal oxidizing and corrosion processes occurring due to the atmospheric conditions and mechanical loads, thus increasing the labor content to remedy equipment failures. Revealed the reasons on occurrence the above mentioned negative processes. Established that decreasing the labor content at repair of motor vehicles might be achieved by using the high temperature lubrication within the threaded connections.

На техническое состояние автомобильной техники (АТ) в процессе эксплуатации оказывают влияние конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы.

Конструктивные факторы определяются расчетами геометрических размеров деталей, узлов и агрегатов и выбором конструкционных материалов для их изготовления на этапе проектирования.

Технологические факторы зависят от соблюдения технологии производства как отдельных узлов и агрегатов, так и всего изделия, а также от точности выполнения регулировки и обкатки систем с использованием прецизионного оборудования и оснастки.

Эксплуатационные факторы определяются условиями эксплуатации автомобилей и включают в себя дорожные, транспортные, природно-климатические факторы и квалификацию обслуживающего персонала.

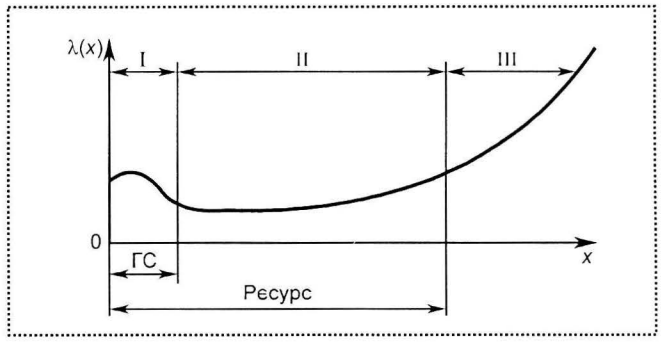


Рис. 1. Зависимость интенсивности отказов от наработки: ГС – гарантийный срок

Под воздействием вышеперечисленных факторов в зависимости от наработки возникают отказы, которые снижают надежность АТ и в конечном итоге приводят к выходу из строя автомобильной техники [1].

На рис. 1 приведена зависимость интенсивности λ отказов от наработки x.

Зависимость $\lambda(x)$ имеет три участка:

- участок I – приработка; интенсивность отказов повышенная из-за ранних или приработочных отказов, обусловленных дефектами изготовления;
- участок II – нормальная эксплуатация; отличается минимальной величиной $\lambda(x)$. Часто интенсивность отказов на этом участке может принимать почти постоянный характер;
- участок III – выход в предельное состояние; отказы начинаются в результате интенсивного износа, усталостных разрушений, старения и других причин, обусловленных длительностью эксплуатации.

Следует отдельно выделить климатические факторы. Эксплуатацию и хранение АТ осуществляют в неустойчивых атмосферных условиях с перепадами температуры, изменениями влажности воздуха (в том числе выпадением осадков) и концентрации пыли. В городских и пригородных условиях осуществляют воздействия хлоридно-кальциевых агрессивных сред, создаваемых муниципальными службами при организации химических способов

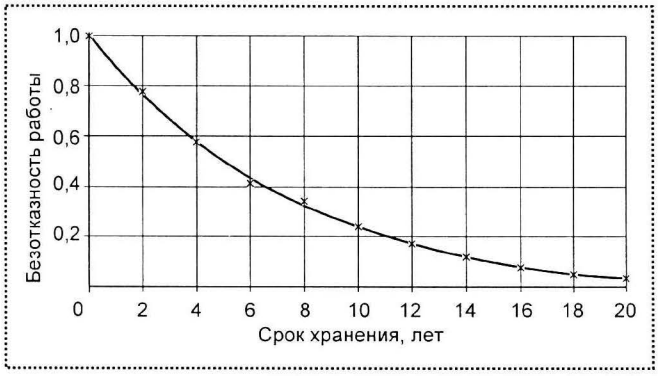


Рис. 2. Изменение безотказности работы АТ после различных сроков хранения

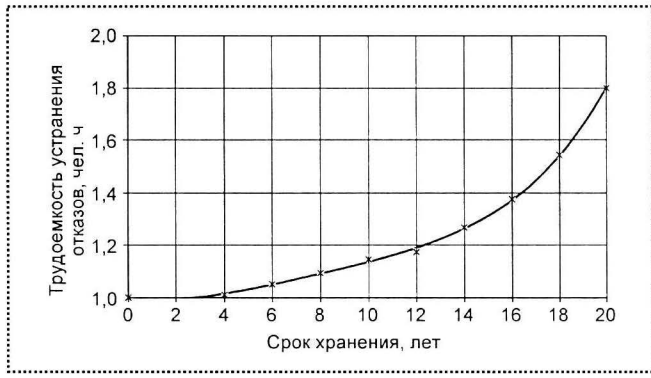


Рис. 3. Трудоемкость устранения отказов АТ в зависимости от срока хранения

борьбы с гололедом. Установлено, что коррозионное поражение автомобиля при хранении, особенно на открытых площадках, протекает более интенсивно, чем в процессе его эксплуатации, и приводит к значительному увеличению потока отказов [2].

На рис. 2 показана зависимость безотказности работы АТ от сроков хранения [3].

Для поддержания надежности АТ при ее эксплуатации и хранении необходимо выполнять различные мероприятия организационного и технического порядка с целью максимально снизить количество отказов и сроки их устранения.

При выполнении технического обслуживания и ремонта автомобиля ни одна операция не обходится без работы с резьбовым соединением.

Под воздействием атмосферных факторов и механических нагрузок (натяг, вибрация) возникают активные процессы окисления и коррозии, что приводит к термическому и коррозионному "схватыванию" в резьбовых соединениях. Демонтаж таких соединений весьма затруднен и сопровождается, зачастую, разрушением деталей. Изменение трудоемкости устранения отказов АТ в зависимости от срока хранения представлено на рис. 3 [3].

Интенсивное развитие коррозионного процесса в резьбовых соединениях АТ вызвано следующими особенностями соединения [4]:

• контакт разнородных материалов (если даже элементы системы изготовлены из одного сплава, то гальваническое покрытие может быть разным). Чем больше различие в величине электродных потенциалов контактируемых металлов, тем выше коррозионный ток;

• шероховатость поверхностей: в процессе монтажа и демонтажа на резьбовых поверхностях возникают задиры. С понижением шероховатостей скорость протекания коррозии уменьшается. При появлении участков с разной шероховатостью возникают короткозамкнутые гальванические пары;

• неравномерность распределения температуры на крепежных элементах всех систем двигателя, особенно в районе коллектора. Разница температур приводит к образованию термогальванических пар, увеличивающих скорость процесса коррозии;

• механические напряжения (возникают при монтаже и в процессе эксплуатации). При наличии в материале остаточных внутренних напряжений или приложенных механических нагрузок могут образовываться гальванические пары на поверхностях деталей. При этом на участках с наибольшими напряжениями возникают коррозионные микротрещины;

• наличие зазоров и щелей. Возможно попадание влаги в резьбовые соединения: прямое или в результате конденсации из воздуха при монтаже и демонтаже. Это приводит к сильной местной коррозии вследствие неравномерной аэрации (доступа кислорода) к участкам поверхности, что также приводит к возникновению гальванических пар.

Применяемые в настоящее время средства защиты крепежных деталей в АТ не учитывают термического и коррозионного "схватывания", поэтому исследования в этой области являются актуальными. Направление исследований может быть связано с использованием резьбовой смазки с широким диапазоном рабочих температур: 50...800 °С. Предполагается, что это значительно снизит трудозатраты при ремонте АТ.

Список литературы

1. **Подчинок В.М.** Эксплуатация военной автомобильной техники. Рязань: Изд-во "Русское слово", 2006. 696 с.

2. **Северный А.Э., Пучин Е.А., Ефимов И.А. и др.** Противокоррозионная защита автомобилей: Технология, материалы, оборудование. М.: ГОСНИТИ, 1991. 208 с.

3. **Тарасов А.П., Овчинников В.П.** Повышение эффективности системы хранения военной автомобильной техники: Испытание на климатическую стойкость вооружения и военной техники. Сборник статей. 13 ГосНИИ. Люберцы. 2006. С. 144–153.

4. **Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В.** Коррозия и защита от коррозии // под ред. И.В. Семеновой. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2002. 336 с.

Изготовление деталей и узлов санитарно-технических систем. *Продолжение**

Рассмотрены элементы трубопроводов, изготовление металлических воздуховодов. Представлены размеры поперечных сечений воздуховодов и их элементов. Рассмотрены вопросы, связанные с изготовлением деталей и узлов из пластмассовых труб.

Узлы и детали трубопроводов из стальных труб

Изготовление узлов и деталей трубопроводов из стальных труб следует производить в соответствии с техническими условиями и стандартами. Допуски на изготовление не должны превышать величин, указанных в табл. 29.

Соединение стальных труб, а также деталей и узлов из них следует выполнять при сварке, резьбе, накидных гайках и фланцах (к арматуре и оборудованию).

Оцинкованные стальные трубы, узлы и детали соединяют, как правило, на резьбе с применением оцинкованных стальных соединительных частей или неоцинкованных из ковкого чугуна, на накидных гайках и фланцах (к арматуре и оборудованию).

29. Допуски на изготовление деталей

Содержание допуска	Величина допуска (отклонения)
Отклонение от:	
– перпендикулярности торцов отрезанных труб	Не более 2°
– длины заготовки детали	±2 мм при длине до 1 м и –1 мм на каждый последующий метр
Размеры заусенцев в отверстиях и на торцах отрезанных труб	Не более 0,5 мм
Овальность труб в зоне гиба	Не более 10 %
Число витков с неполной или сорванной резьбой	То же
Отклонение длины резьбы:	
короткой	–10 %
длинной	+5 мм

Для резьбовых соединений стальных труб следует применять цилиндрическую трубную резьбу, выполняемую по ГОСТ 6357–81 (класс точности В) накаткой на легких трубах и нарезкой на обыкновенных и усиленных (водогазопроводные трубы по ГОСТ 3262–75).

При изготовлении резьбы методом накатки на трубе допускается уменьшение ее внутреннего диаметра до 10 % по всей длине резьбы.

Повороты трубопроводов в системах отопления и теплоснабжения следует выполнять путем изгиба труб или применения бесшовных приварных отводов из углеродистой стали по ГОСТ 17375–2001.

Радиус гиба труб с условным переходом до 40 мм включительно должен быть не менее $2{,}5D_{нар}$, а с условным проходом 50 мм и более – не менее $3{,}5D_{нар}$ трубы.

В системах холодного и горячего водоснабжения повороты трубопроводов следует выполнять путем установки угольников по ГОСТ 8946–75, 8947–75, отводов или изгиба труб. Оцинкованные трубы следует гнуть только в холодном состоянии.

Для труб диаметром 100 мм и более допускается применение гнутых и сварных отводов. Минимальный радиус этих отводов должен быть не менее полуторного условного прохода трубы.

При гибке сварных труб сварной шов следует располагать с наружной стороны трубной заготовки и под углом не менее 45° к плоскости гиба.

Подварка сварного шва на изогнутых участках труб в нагревательных элементах отопительных панелей не допускается.

Узлы санитарно-технических систем должны быть испытаны на герметичность на месте их изготовления.

Узлы трубопроводов систем отопления, теплоснабжения, внутреннего холодного и горячего водоснабжения, в том числе предназначенные для заделки в отопительные панели, вентили, краны, задвижки, грязевики, воздухосборники, элеваторы и т.п., необходимо подвергать испытанию гидростатическим (гидравлическим) или пузырьковым (пневматическим) методом в соответствии с ГОСТ 25136–82 и ГОСТ 24054–80.

При гидростатическом методе испытаний на герметичность из узлов полностью удаляют воздух,

*Начало см. "Сборка в машиностроении, приборостроении", № 12 – 2006, № 1, 2 – 2007.

заполняют водой с температурой не ниже 278 К (5 °С) и выдерживают под пробным избыточным давлением $P_{пр}$, равным $1{,}5P_у$, где $P_у$ – условное избыточное давление, которое могут выдерживать соединения при нормальной температуре рабочей среды в условиях эксплуатации.

Если при испытании на трубопроводе появилась роса, то испытание следует продолжить после ее высыхания или вытирания. Узлы канализации из стальных труб и смывные трубы к высокорасполагаемым бачкам следует выдерживать под пробным избыточным давлением 0,2 МПа (2 кгс/см^2) в течение не менее 3 мин.

Падение давления при испытаниях не допускается.

Выдержавшими испытание считают узлы из стальных труб санитарно-технических систем, на поверхности и в местах соединения которых не появятся капли, пятна воды и не произойдет падения давления.

Выдержавшими испытание считают вентили, задвижки и краны, если на поверхности и в местах уплотнительных устройств после двукратного поворота регулирующих устройств (перед испытанием) не появятся капли воды.

При пузырьковом методе испытания на герметичность узлы трубопровода заполняют воздухом с избыточным давлением 0,15 МПа (1,5 кгс/см^2), погружают в ванну с водой и выдерживают не менее 30 с.

Выдержавшими испытание считают узлы, при испытании которых не появятся пузырьки воздуха в ванне с водой.

Обстукивание соединений, поворот регулирующих устройств и устранение дефектов во время испытаний не допускаются.

Сборка радиаторов и конвекторов

Секции чугунных радиаторов следует собирать в приборы на ниппелях с применением уплотняющих прокладок:

- из термостойкой резины толщиной 1,5 мм при температуре теплоносителя до 403 К (130 °С);
- из паронита толщиной 1...2 мм при температуре теплоносителя до 423 К (150 °С).

Перегруппированные чугунные радиаторы или блоки чугунных радиаторов и ребристых труб должны быть испытаны гидростатическим методом давлением 0,9 МПа (9 кгс/см^2) или пузырьковым методом давлением 0,1 МПа (1 кгс/см^2). Результаты пузырьковых испытаний не являются основанием для предъявления рекламаций по качеству заводам–изготовителям чугунных отопительных приборов.

Блоки стальных радиаторов должны быть испытаны пузырьковым методом давлением 0,1 МПа (1 кгс/см^2).

Блоки конвекторов должны быть испытаны гидростатическим методом давлением 1,5 МПа (15 кгс/см^2) или пузырьковым методом давлением 0,15 МПа (1,5 кгс/см^2).

Порядок испытания должен соответствовать требованиям, приведенным выше.

После испытания вода из блоков отопительных приборов должна быть удалена.

Отопительные панели более гидростатического испытания должны быть продуты воздухом, а их присоединительные патрубки закрыты инвентарными заглушками.

Изготовление металлических воздуховодов

Воздуховоды из тонколистовой кровельной стали диаметром и размером большей стороны до 2000 мм следует изготовлять спирально-замковыми или прямошовными на фальцах, спирально-сварными или прямошовными на сварке, а воздуховоды, имеющие размер стороны более 2000 мм, – панельными (сварными, клеесварными).

Воздуховоды из металлопласта следует изготовлять на фальцах, а из нержавеющей стали и листового алюминия и его сплавов – на фальцах или на сварке.

Для стальных листов толщиной менее 1,5 мм используют нахлесточное соединение, а толщиной 1,5...2 мм – нахлесточное или стыковое. Листы толщиной свыше 2 мм должны свариваться встык.

Для сварных соединений прямых участков и фасонных частей воздуховодов из тонколистовой кровельной и нержавеющей стали следует применять следующие способы сварки: автоматическую и полуавтоматическую дуговую в среде углекислого газа, контактную, роликовую и ручную дуговую.

Для сварки воздуховодов из листового алюминия и его сплавов следует применять следующие способы сварки:

- аргонодуговую автоматическую – плавящимся электродом;
- аргонодуговую ручную – неплавящимся электродом с присадочной проволокой;
- газовую.

Воздуховоды из листового алюминия и его сплавов толщиной до 1,5 мм следует выполнять на фаль-

цах, толщиной 1,5...2 мм – на фальцах или сварке, а при толщине листа более 2 мм – на сварке.

Продольные фальцы на воздуховодах из тонколистовой кровельной и нержавеющей стали и листового алюминия диаметром или размером большей стороны 500 мм и более должны быть закреплены в начале и в конце звена воздуховода точечной сваркой, электрозаклепками, заклепками или кляймерами.

Фальцы на воздуховодах при любой толщине металла и способе изготовления должны осуществляться с отсечкой.

Концевые участки фальцевых швов в торцах воздуховодов и в воздухораспределительных отверстиях воздуховодов из металлопласта должны быть закреплены алюминиевыми или стальными заклепками с оксидным покрытием, обеспечивающим эксплуатацию в агрессивных средах, определенных рабочей документацией.

Фальцевые швы должны иметь одинаковую ширину по всей длине и быть равномерно плотно осажены.

В фальцевых воздуховодах, а также в картах раскроя не должно быть крестообразных соединений швов.

На прямых участках воздуховодов прямоугольного сечения при стороне сечения более 400 мм следует выполнять рамки жесткости в виде зигов с шагом 200...300 мм по периметру воздуховода или диагональные перегибы (зиги). При стороне более 1000 мм, кроме того, нужно ставить наружные или внутренние рамки жесткости, которые не должны выступать внутрь воздуховода более чем на 10 мм. Рамки жесткости должны быть надежно закреплены точечной сваркой, электрозаклепками или заклепками.

На воздуховоды из металлопласта рамки жесткости должны устанавливаться с помощью алюминиевых или стальных заклепок с оксидным покрытием, обеспечивающим эксплуатацию в агрессивных средах, определенных рабочей документацией.

Элементы фасонных частей следует соединять между собой на зигах, фальцах, сварке, заклепках.

Элементы фасонных частей из металлопласта следует соединять между собой на фальцах.

Зиговые соединения для систем, транспортирующих воздух повышенной влажности или с примесью взрывоопасной пыли, не допускаются.

Соединение участков воздуховодов следует выполнять бесфланцевым способом или на фланцах. Соединения должны быть прочными и герметичными.

Закрепление фланцев на воздуховодах следует выполнять отбортовкой с упорным зигом, на сварке, точечной сваркой или на заклепках диаметром 4...5 мм, размещаемых через 200...250 мм, но не менее чем четырьмя заклепками.

Закрепление фланцев на воздуховодах из металлопласта следует выполнять отбортовкой с упорным зигом.

В воздуховодах, транспортирующих агрессивную среду, закрепление фланцев с помощью зигов не допускается.

При толщине стенки воздуховода более 1 мм фланцы допускается насаживать на воздуховод без отбортовки закреплением прихватками электродуговой сваркой с последующей герметизацией зазора между фланцем и воздуховодом.

Отбортовку воздуховодов в местах установки фланцев следует выполнять с таким расчетом, чтобы отогнутый борт не закрывал отверстий для болтов во фланцах.

Фланцы устанавливают перпендикулярно оси воздуховода.

Регулирующие приспособления (шиберы, дроссель-клапаны, заслонки, регулирующие расход воздуха, и др.) должны легко закрываться и открываться, а также фиксироваться в заданном положении.

Движки шиберов должны плотно прилегать к направляющим и свободно перемещаться в них.

Ручка управления дроссель-клапана должна устанавливаться параллельно его полотну.

Номинальные размеры поперечных сечений присоединений воздухотехнического оборудования между собой и с воздуховодами прямоугольного и круглого сечения, установленные ГОСТ 24751–81, приведены в табл. 30.

Толщину листовой стали для воздуховодов, по которым перемещается воздух температурой не выше 80 °С согласно СНиП 2.04.05–91, следует применять, мм, не более:

♦ для воздуховодов круглого сечения диаметром, мм:

до 200 включ.	0,5
250...450	0,6
500...800	0,7
900...1250	1,0
1400...1600	1,2
1800...2000	1,4

♦ для воздуховодов прямоугольного сечения размером большей стороны, мм:

до 250 включ.	0,5

300...1000	0,7
1250...2000	0,9

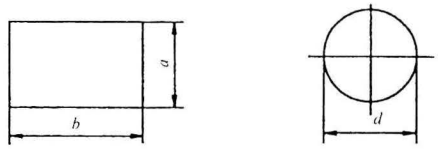
Для воздуховодов прямоугольного сечения, имеющих одну из сторон свыше 2000 мм, и воздуховодов сечением 2000×2000 мм толщину стали следует обосновывать расчетом.

Для сварных воздуховодов толщину стали определяют по условиям производства сварных работ.

Для воздуховодов, по которым предусматривают перемещение воздуха температурой более 80 °С или воздухом с механическими примесями или абразивной пылью, толщину стали следует обосновывать расчетом.

Для сокращения номенклатуры воздуховодов систем вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха (кроме воздуховодов систем аспирации и пневмотранспорта), согласно Ведомственным строительным нормам ВСН 353–86 для круглого сечения с наружными диаметрами 100...2000 мм, наружный диаметр следует выбирать из следующего ряда: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000 мм.

30. Номинальные наружные размеры поперечных сечений воздуховодов



Размеры *a*, *b*, *d*				Размеры *a*, *b*, *d*				Размеры *a*, *b*, *d*			
Ряд R5	Ряд R10	Ряд R20	Ряд R40	Ряд R5	Ряд R10	Ряд R20	Ряд R40	Ряд R5	Ряд R10	Ряд R20	Ряд R40
	50	56		400				2500			
						450	425			2800	2650
63		71			500		475				3000
	80	90				560	530		3150	3350	
							600			3550	
100		112	106	630							3750
	125		118			710	670	4000			
		140	132		800		750			4500	4250
			150			900	850		5000		4750
160		180	170				950			5600	5300
	200		190	1000							6000
		224	212			1120	1060	6300			
			236		1250		1180			7100	6700
250		280	265			1400	1320		8000		7500
	315		300				1500			9000	8500
		355	335	1600							9500
			375			1800	1700	10000			
					2000		1900				
						2240	2120				
							2360				

Примечания: 1. При выборе размера ряда R5 предпочтительнее размеров ряда R10, размеры ряда R10 предпочтительнее размеров ряда R20 и ряда R20 – размеров ряда R40.

2. Соотношение сторон прямоугольных сечений не должно превышать 6,3.

3. Размеры в рамках определены для воздуховодов СНиП 2.04.05–91.

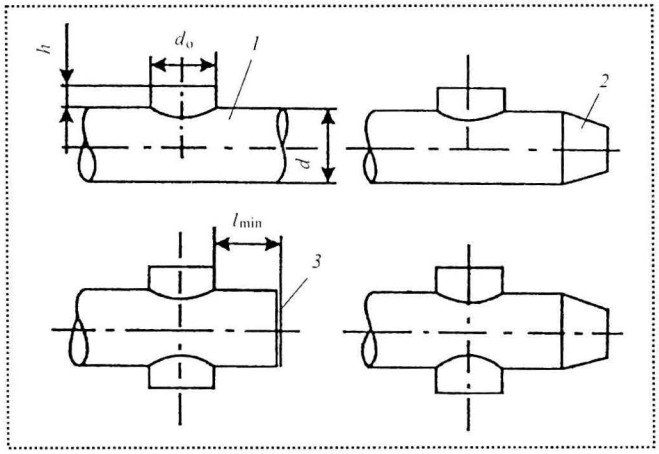


Рис. 17. Схема образования узлов ответвления круглого сечения: *1* – прямой участок с врезкой; *2* – переход; *3* – заглушка; d_0 – диаметр врезки; *h* – высота заглушки; *d* – диаметр трубы

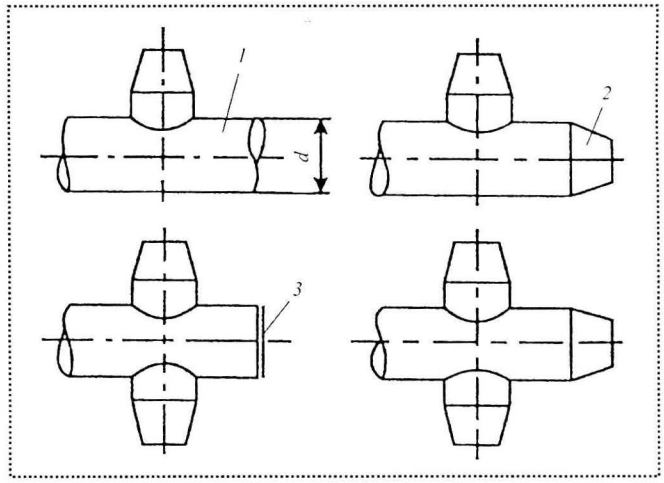


Рис. 18. Схемы образования узлов ответвления круглого сечения: *1* – прямой участок с врезкой; *2* – переход; *3* – заглушка

Прямые участки следует применять длиной 2500, 3000, 4000, 5000 и 6000 мм (по конструктивным и технологическим соображениям допускается изменение длины прямого участка).

Узлы ответвления следует выполнять из прямых участков с одной или двумя врезками переходов и заглушек по схеме, приведенной на рис. 17.

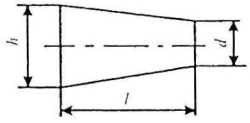
Узлы ответвлений по схеме, приведенной на рис. 18, следует применять в тех случаях, когда ответвление узла входит в ветвь, определяющую общее аэродинамическое сопротивление сети. В остальных случаях следует применять узлы с ответвлением по рис. 17.

Врезку, как правило, следует выполнять высотой h = 100 мм. Минимальное расстояние l_{min} от врезки до торца прямого участка 50 мм. Врезка ответвлений в магистральный воздуховод равного сечения не допускается.

Номенклатура и основные размеры переходов приведены в табл. 31.

Номенклатура и основные размеры переходов с круглого сечения на прямоугольное приведены в табл. 32.

31. Переход круглого сечения, мм



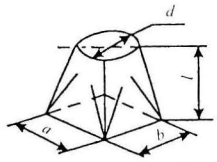
$d_1 \times d$	l	$d_1 \times d$	l	$d_1 \times d$	l	$d_1 \times d$	l	$d_1 \times d$	l	$d_1 \times d$	l
100×125	300	315×355	300	400×560	300	560×710	300	800×1000	400	1120×1400	600
125×160	300	315×400	300	450×500	300	560×800	400	900×1000	300	1250×1400	300
160×200	300	315×450	300	450×560	300	630×710	300	900×1120	400	1250×1600	600
160×250	300	355×400	300	450×630	400	630×800	400	900×1250	600	1400×1600	400
200×250	300	355×450	300	500×560	300	630×900	600	1000×1120	300	1400×1800	800
200×315	300	355×500	300	50×630	300	710×800	300	1000×1250	600	1600×1800	400
250×315	300	400×450	300	500×710	400	710×900	400	1000×1400	800	1800×2000	400
250×355	300	400×500	300	560×630	300	800×900	300	1120×1250	300		

Рекомендуется применять отводы с углом 90°, состоящие из одного звена и двух стаканов, и с углом 45°, состоящие из двух стаканов. Номенклатура и основные размеры отводов приведены в табл. 33, сочетания размеров сечений (диаметров) ствола и ответвлений узлов следует применять в соответствии с рис. 17, 18 и табл. 34.

Для воздуховодов прямоугольного сечения согласно ВСН 353–86 следует принимать наружные размеры сечения из следующего ряда:

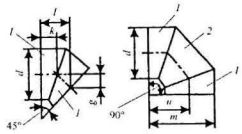
100×125, 125×160, 160×200, 160×250, 200×250, 200×315, 250×315, 250×355, 315×355, 315×400, 315×450, 355×400, 355×450, 355×500, 400×450, 400×500, 400×560, 450×500, 450×560, 450×630, 500×560, 500×630, 500×710, 560×630, 560×710, 560×800, 630×710, 630×800, 630×900, 710×800, 710×900, 800×900, 800×1000, 900×1000, 900×1120, 900×1250, 1000×1120, 1000×1250, 1000×1400, 1120×1250, 1120×1400, 1250×1400, 1250×1600, 1400×1600, 1400×1800, 1600×1800, 1800×2000.

32. Переход с круглого сечения на прямоугольное, мм



$a \times b \times d$	l	$a \times b \times d$	l	$a \times b \times d$	l	$a \times b \times d$	l	$a \times b \times d$	l
100×150×100	300	400×400×500	300	500×1000×560	800	800×800×1000	300	1000×1600×1400	400
100×150×125	300	400×400×560	300	500×1000×630	800	800×800×1120	600	1000×1600×1600	1100
100×150×160	300	400×500×400	300	500×1000×710	700	800×800×1250	850	1000×1600×1800	1500
150×150×160	300	400×500×450	300	500×1000×800	400	800×1000×800	400	1000×2000×1120	1650
150×150×200	300	400×500×500	300	500×1000×900	600	800×1000×900	300	1000×2000×1250	1400
150×150×250	300	400×500×560	300	500×1000×1000	800	800×1000×1000	300	1000×2000×1400	1100
150×250×160	300	400×500×630	300	600×600×560	900	800×1000×1120	600	1000×2000×1600	1100
150×250×200	300	400×600×450	400	600×600×630	300	800×1000×1250	850	1000×2000×1800	1500
150×250×250	300	400×600×500	300	600×600×710	300	800×1250×900	700	1000×2000×2000	1800
150×300×200	300	400×600×560	300	600×600×800	300	800×1250×1000	500	1250×1250×1120	300
150×300×250	300	400×600×630	300	600×600×900	300	800×1250×1120	600	1250×1250×1250	300
150×200×315	300	400×600×710	600	600×600×1000	500	800×1250×1250	850	1250×1250×1400	300
250×250×200	300	400×800×500	600	600×800×630	700	800×1250×1400	1100	1250×1250×1600	700
250×250×250	300	400×800×560	500	600×800×710	300	800×1600×900	1300	1250×1250×1800	1000
250×250×315	300	400×800×630	500	600×800×800	300	800×1600×1000	1100	1250×1250×2000	1400
250×250×355	300	400×800×630	600	600×800×800	300	800×1600×1120	900	1250×1600×1250	700
250×300×250	300	400×800×800	800	600×800×900	500	800×1600×1250	700	1250×1600×1400	400
250×300×315	300	500×500×500	300	600×800×1000	700	800×1600×1400	1100	1250×1600×1600	700
250×300×355	300	500×500×560	300	600×1000×710	300	800×1600×1600	1500	1250×1600×1800	1000
250×300×400	300	500×500×630	300	600×1000×800	400	1000×1000×900	300	1250×1600×2000	1400
250×400×315	300	500×500×710	400	600×1000×900	500	1000×1000×1000	300	1250×2000×1400	1100
250×400×355	300	500×500×800	600	600×1000×1000	700	1000×1000×1120	300	1250×2000×1600	800
240×400×400	300	500×600×500	300	600×1000×1210	900	1000×1000×1250	500	1250×2000×1800	1000
250×400×450	400	500×600×560	300	600×1250×710	300	1000×1000×1400	600	1250×2000×2000	1400
250×500×315	400	500×600×710	300	600×1250×800	800	1000×1000×1600	1100	1600×1600×1400	400
250×500×355	300	500×600×800	400	600×1250×900	700	1000×1250×1000	500	1600×1600×1600	400
259×500×400	300	500×800×500	600	600×1250×1000	700	1000×1250×1120	300	1600×1600×1800	400
250×500×450	300	500×800×560	600	600×1250×1120	900	1000×1250×1250	500	1600×1600×2000	800
250×500×500	500	500×800×630	500	600×1250×1250	1200	1000×1250×1400	600	1600×2000×1600	800
400×400×355	300	500×800×710	300	800×800×710	300	1000×1250×1600	1100	1600×2000×1800	400
400×400×400	300	500×800×800	400	800×800×800	300	1000×1600×1120	900	1600×2000×2000	800
400×400×450	300	500×800×900	600	800×800×900	300	1000×1600×1250	700		

33. Отводы круглого сечения, мм



1 – стакан; *2* – звено

d	Отвод с углом 45°			Отвод с углом 90°		*d*	Отвод с углом 45°			Отвод с углом 90°		*d*	Отвод с углом 45°			Отвод с углом 90°	
	g	*k*	*l*	*m*	*u*		*g*	*k*	*l*	*m*	*u*		*g*	*k*	*l*	*m*	*u*
100	76	107	183	245	195	450	164	232	396	720	495	1000	292	414	706	1500	1000
125	87	123	210	295	233	500	178	252	430	795	545	1120	328	465	793	1680	1120
160	102	144	246	365	285	560	195	277	472	885	605	1250	366	516	882	1975	1250
200	119	169	288	445	345	630	216	306	522	990	675	1400	410	580	990	2100	1400
250	141	200	341	545	420	710	208	294	502	1065	710	1600	470	665	1135	2400	1600
315	170	240	410	675	518	800	234	331	565	1200	800	1800	525	745	1270	2700	1800
355	136	192	328	578	400	900	264	373	637	1350	900	2000	585	828	1413	3000	2000
400	149	211	360	645	445												

Примечание. В таблице для отводов диаметром 100...630 мм включительно приведены размеры с учетом увеличения длины стакана на 45 мм под фланец.

Прямые участки следует применять длиной 2500 мм.

(По конструктивным и технологическим соображениям допускается изменение длины прямого участка.)

Узлы ответвлений следует выполнять из прямых участков с одной или двумя врезками переходов и заглушек по схемам, приведенным на рис. 19.

Узлы ответвлений по схемам, приведенным на рис. 20, следует принимать в тех случаях, когда ответвление узла входит в ветвь, определяющую общее аэродинамическое сопротивление сети. В остальных случаях следует применять узлы ответвлений по схемам, приведенным на рис. 19.

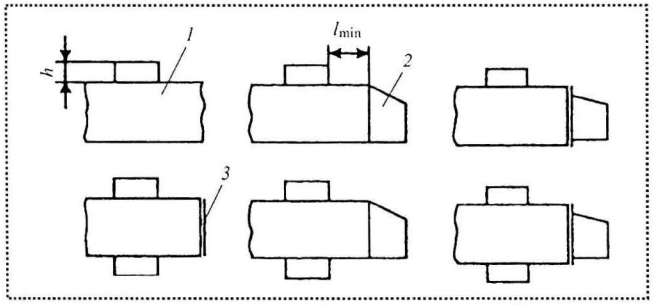


Рис. 19. Схемы образования узлов ответвления прямоугольного сечения:
1 – прямой участок с врезкой; *2* – переход; *3* – заглушка

Присоединение перехода к заглушке следует выполнять при необходимости получения соотношения площадей перехода меньше, чем предусмотрено табл. 34. При этом размеры a_1, b перехода должны быть меньше соответствующих размеров заглушки.

Врезку, как правило, следует выполнять высотой $h = 100$ мм. Минимальное расстояние от врезки до торца прямого участка $l_{min} = 50$ мм.

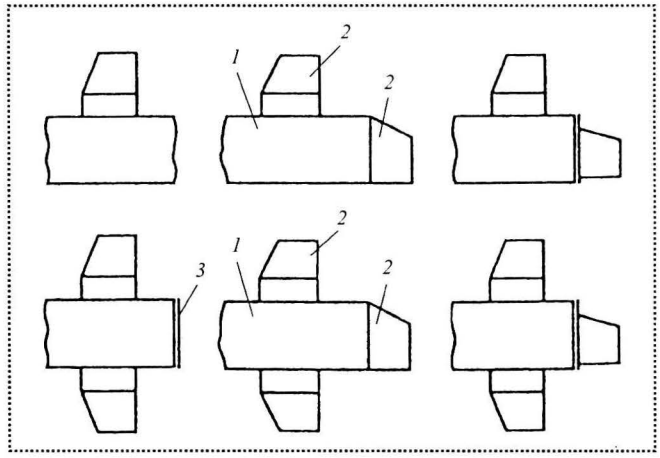


Рис. 20. Схемы образования узлов ответвления прямоугольного сечения:
1 – прямой участок с врезкой; *2* – переход; *3* – заглушка

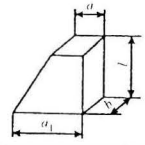
34. Сочетание размеров сечения (диаметров) ствола и ответвлений, мм

d	d_0																			
	100	125	160	200	250	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600
160	×	×																		
200		×	×																	
250			×	×																
315			×	×	×															
355			×	×	×															
400			×	×	×															
450				×	×	×														
500					×	×	×	×												
560					×	×	×	×	×											
630					×	×	×	×	×	×										
710						×	×	×	×	×	×									
800						×	×	×	×	×	×	×								
900						×	×	×	×	×	×	×	×							
1000							×	×	×	×	×	×	×							
1120							×	×	×	×	×	×	×	×						
1250								×	×	×	×	×	×	×	×	×				
1400								×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
1600										×	×	×	×	×	×	×	×	×		
1800											×	×	×	×	×	×	×	×	×	
2000												×	×	×	×	×	×	×	×	×

Размер стороны врезки, перпендикулярной оси магистрального воздуховода, должен быть меньше размера соответствующей стороны прямого участка.

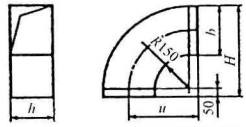
Номенклатура и основные размеры переходов приведены в табл. 35.

35. Переход прямоугольного сечения, мм



$a \times b$	$a_1 \times b$	l	$\frac{a \times b}{a_1 \times b}$	$a \times b$	$a_1 \times b$	l	$\frac{a \times b}{a_1 \times b}$	$a \times b$	$a_1 \times b$	l	$\frac{a \times b}{a_1 \times b}$
100×150	150×150	300	0,63	500×1000	600×1000	300	0,83	1000×600	1250×600	350	0,80
150×150	250×150	300	0,60	500×1000	800×1000	400	0,63	1000×800	1250×800	350	0,80
150×250	250×250	300	0,60	600×400	800×400	300	0,75	1000×800	1600×800	700	0,63
150×300	250×300	300	0,64	600×500	800×500	300	0,75	1000×1000	1250×1000	350	0,80
250×250	400×250	300	0,63	600×500	1000×500	500	0,60	1000×1000	1600×1000	700	0,63
250×400	400×400	300	0,63	600×600	800×600	300	0,75	1000×1250	1250×1260	350	0,80
250×500	400×500	300	0,63	600×600	1000×600	500	0,60	1000×1250	1600×1250	700	0,63
400×250	500×250	300	0,80	600×800	800×800	300	0,75	1000×1600	1250×1600	350	0,80
400×400	500×400	300	0,80	600×800	1000×800	500	0,60	1000×1600	1600×1600	700	0,63
400×400	600×400	300	0,67	600×1000	800×1000	300	0,75	1000×2000	1250×2000	350	0,80
400×500	500×500	300	0,80	600×1000	1000×1000	500	0,60	1000×2000	1600×2000	700	0,63
400×500	600×500	300	0,67	600×1250	800×1250	300	0,75	1290×800	1600×800	450	0,78
400×600	500×600	300	0,80	600×1250	1000×1250	500	0,60	1250×1000	1600×1000	450	0,78
400×600	600×600	300	0,67	800×500	1000×500	300	0,80	1250×1000	2000×1000	850	0,63
400×800	500×800	300	0,80	800×600	1000×600	300	0,80	1250×1250	1600×1250	450	0,78
400×800	600×800	300	0,76	800×600	1250×600	550	0,64	1250×1250	2000×1250	850	0,62
500×400	600×400	300	0,83	800×800	1000×800	300	0,80	1250×1600	2000×1600	450	0,78
500×400	800×400	400	0,63	800×800	1250×800	550	0,64	1250×1600	1600×1600	850	0,63
500×500	600×500	300	0,83	800×1000	1000×1000	300	0,80	1250×2000	1600×2000	450	0,78
500×500	800×500	400	0,83	800×1000	1250×1000	550	0,64	1600×1000	2000×1000	500	0,80
500×600	600×600	300	0,83	800×1250	1000×1250	300	0,80	1600×1250	2000×1250	500	0,80
500×600	800×600	400	0,63	800×1250	1250×1250	550	0,64	1600×1600	2000×1600	500	0,80
500×800	600×800	300	0,83	800×1600	1000×1600	400	0,60	1600×2000	2000×2000	500	0,80
500×800	800×800	400	0,63	800×1600	1250×1600	550	0,64				

36. Отвод прямоугольного сечения с углом 90°, мм

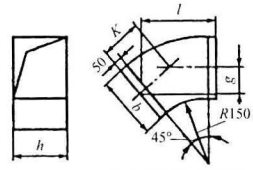


b	H	u	h											
			100	150	250	300	400	500	600	800	1000	1250	1600	2000
100	300	250		×										
150	350	275	×	×	×	×								
250	450	325		×	×	×	×	×						
300	500	350		×	×									
400	600	400			×		×	×	×	×				
500	700	450			×		×	×	×	×	×			
600	800	500					×	×	×	×	×	×		
800	1000	600					×	×	×	×	×	×	×	
1000	1200	700						×	×	×	×	×	×	×
1250	1450	825							×	×	×	×	×	×
1600	1800	1000								×	×	×	×	×
2000	2200	1200									×	×	×	

Как правило, отводы следует применять с углами 90 и 45° и радиусом шейки, равным 150 мм. Номенклатура и основные размеры отводов приведены в табл. 36, 37.

В ВСН 353–86 приводятся также формулы для определения коэффициентов сопротивления узлов ответвления и отводов и их численные значения.

37. Отвод прямоугольного сечения с углом 45°, мм



b	g	K	l	h											
				100	150	250	300	400	500	600	800	1000	1250	1600	2000
100	95	130	225		×										
150	100	140	245	×	×	×	×								
250	115	160	280		×	×	×	×	×						
300	125	170	295		×	×									
400	140	190	335			×		×	×	×	×				
500	155	220	370			×		×	×	×	×	×			
600	165	240	405					×	×	×	×	×	×		
800	195	280	475					×	×	×	×	×	×	×	
1000	226	318	545						×	×	×	×	×	×	×
1250	262	361	633							×	×	×	×	×	×
1600	314	443	757								×	×	×	×	×
2000	372	526	898									×	×	×	

Изготовление деталей и узлов из пластмассовых труб

Конструкции П-образных и лирообразных компенсаторов для труб из ПВХ приведены на рис. 21.

Для труб с наружным диаметром до 50 мм при расстоянии между неподвижными креплениями менее 12 м размеры П-образного компенсатора допускается принимать в соответствии с рис. 21, *б* (D – наружный диаметр трубы).

Размеры лирообразного компенсатора для трубопровода длиной до 12 м следует принимать по рис. 21, *в*, при этом: $R_1 = 5D$; $R_2 = D$; $b = 3D$; $h = 15D$.

Сборку элементов узлов следует производить в кондукторах, обеспечивающих фиксацию положения отдельных элементов узлов трубопроводов и облегчающих сборку.

Сборку резьбовых соединений рекомендуется выполнять специализированным монтажным инструментом, конструкция которого должна исключать механическое повреждение деталей.

Отклонения габаритных размеров заготовок деталей трубопроводов от заданных не должны превышать –2 мм, узлов – не более –5 мм.

Резку пластмассовых труб следует выполнять:

♦ на станках с дисковыми пилами толщиной 1,5...2 мм с шагом зубьев 3...4 мм и разводкой зубьев 0,5...0,6 мм на сторону; частота вращения диска для ПВД, ПНД, ПП должна быть 2000...3000 об/мин; ПВХ 600...800 об/мин, для чистовой обработки торца необходимо применять пилы без развода зубьев с равномерно уменьшающейся к центру диска толщиной;

♦ на разметочно-отрезных станках;

♦ на станках гильотинного типа для тонкостенных труб;

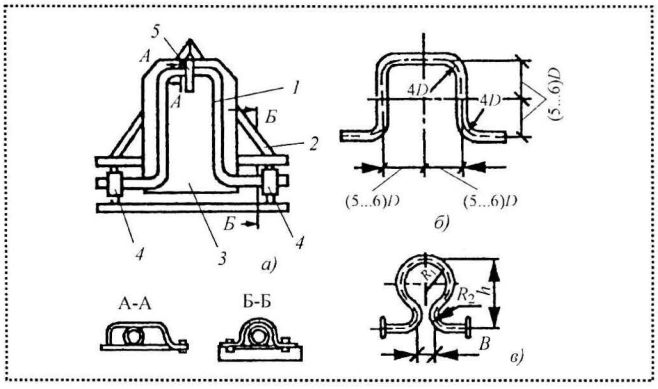


Рис. 21. Устройство (*а*), размеры П-образного компенсатора для труб диаметром до 50 мм (*б*) и лирообразного компенсатора (*в*):
1 – пластмассовый трубопровод; *2* – жесткий каркас; *3* – опора; *4* – направляющие хомуты; *5* – компенсационный хомут

♦ электроприводными ножовками (длина полотна ножовки должна быть 450...500 мм, толщина – 1,5 мм, высота зубьев 12,5...2 мм, развод зубьев 0,5...0,7 мм);

♦ труборезом с пневматическим приводом, у которого в качестве режущего инструмента применяется отрезной резец;

♦ вручную ножовками для резки металлов, мелкозубыми плотницкими пилами и столярными ножовками.

Отклонение от угла реза не должно превышать 0,5 мм для труб с наружными диаметрами до 50 мм, 1 мм для труб с наружным диаметром 50...160 мм и 2 мм для труб наружным диаметром более 160 мм.

Сверление отверстий диаметром до 50 мм в пластмассовых трубах надлежит производить на сверлильных станках перовыми и спиральными сверлами, циркульными резцами и специальными трубными сверлами. Сверление отверстий диаметром свыше 50 мм циркульными резцами или трубными сверлами.

В процессе сверления сверло необходимо периодически выводить из отверстия для его охлаждения и удаления стружки.

В результате формирования труб осуществляют отбортовку, калибровку, а также получают утолщенные бурты, гладкие и с желобками под резиновые кольца раструба и вытяжку отростков на трубах для тройников и крестовин.

Нагрев и размягчение пластмассовых труб следует производить в ваннах с глицерином, гликолем, трансформаторным маслом (последнее – только для ПВХ) и т.п., нагревателях с инфракрасными излучателями или в воздушных печах.

Температуру теплоносителя (глицерина или воздуха) внутри нагревательного устройства следует выбирать в соответствии с данными, приведенными в табл. 38.

38. Температура теплоносителя

Материал труб	Температура при отбортовке, получении раструба и калибровке, °С		Температура воздуха при изготовлении утолщенных буртов, °С
	глицерина	воздуха	
ПВД	136±5	150±10	240_{-10}
ПНД	105±5	135±10	220_{-10}
ПП	165±5	185±10	280_{-10}
ПВХ	135±5	160±10	–

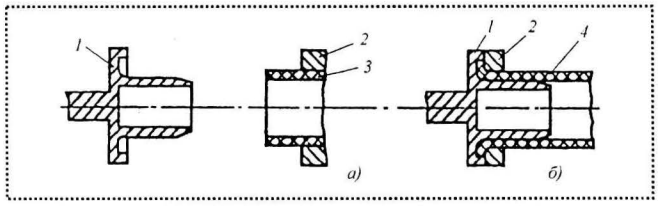


Рис. 22. Схема формования отбортовки:
а – положение до формования; *б* – положение по окончании формования; *1* – дорн; *2* – прижимной фланец; *3* – труба; *4* – труба с отбортовкой

Односторонний нагрев допускается для труб с толщиной стенки до 3...3,5 мм. При большей толщине стенки излучатели следует устанавливать как снаружи, так и внутри трубы.

Отбортовку на трубе следует формовать вдвигаемым внутрь пуансоном и прижимным фланцем, оформляющим наружную поверхность отбортовки (рис. 22).

Для формования утолщенных буртов следует использовать разъемную пресс-форму (рис. 23).

Гладкий раструб на трубе следует формовать дорном, вдвигаемым в нагретую размягченную трубу.

Размеры всех формующих элементов следует назначать с учетом усадки отформованного изделия после охлаждения.

Разная толщина на раструбах должна находиться в пределах допусков на толщину стенки трубы.

Гнутые детали пластмассовых (преимущественно из ПВХ) трубопроводов (отводы, утки, скобы, компенсаторы и др.) надлежат изготовлять из труб тех же типов гибкой в размягченном состоянии на трубогибочных станках или в шаблонах.

Гибка труб без наполнителя допускается при отношении толщины стенки к наружному диаметру трубы s/D не менее 0,06 при радиусе гибки по оси трубы, равном или более (3,5...4)D.

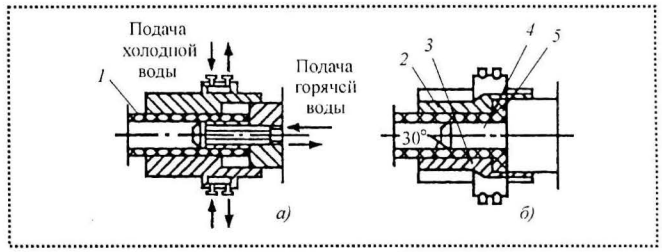


Рис. 23. Схема формования утолщенного бурта на конце трубы:
а – положение до начала формования; *б* – положение по окончании формования; *1* – труба; *2* – верхняя полуматрица; *3* – нижняя полуматрица; *4* – пуансон; *5* – труба с отформованным утолщенным буртом

Температура жидкости в нагревательной ванне для гибки должна составлять: для труб из ПНД 105±5 °С; из ПВД 125±5 °С; из ПП 170±5 °С; из ПВХ 125±5 °С.

При нагреве труб в термошкафах температура воздуха должна составлять: для труб из ПГД 135±10 °С; из ПВД 150±5 °С; из ПП 185±10 °С; из ПВХ 160±10 °С.

Время нагрева пластмассовых труб при гибке приведено в табл. 39.

При гибке труб по шаблону следует принимать: $H \geq 0{,}7D$; $b \geq D$; $R \geq 4D$ (рис. 24).

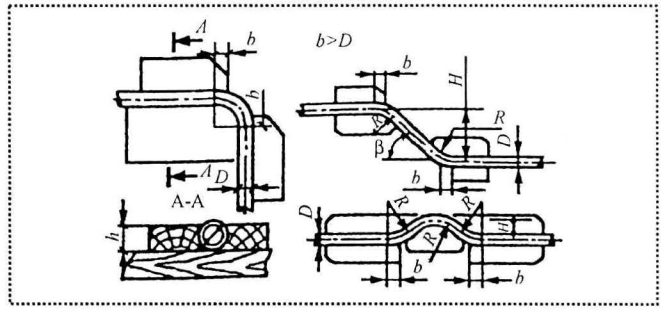


Рис. 24. Шаблоны для получения гнутых деталей

39. Время нагрева труб

Теплоноситель	Материал труб	Время нагрева труб при гибке (мин) при толщине стенки труб, мм							
		4	6	8	10	12	14	16	18
Воздух	ПНД	35	50	70	90	110	130	150	175
	ПВД	55	80	105	135	165	195	–	–
	ПП	55	80	105	135	165	–	–	–
	ПВХ	–	20	25	30	40	–	–	–
Глицерин	ПНД	5	7	9	11	13	15	17	19
	ПВД	6	8	11	14	17	20	–	–
	ПП	6	8	11	14	17	20	–	–
	ПВХ	–	4	5	6	8	–	–	–

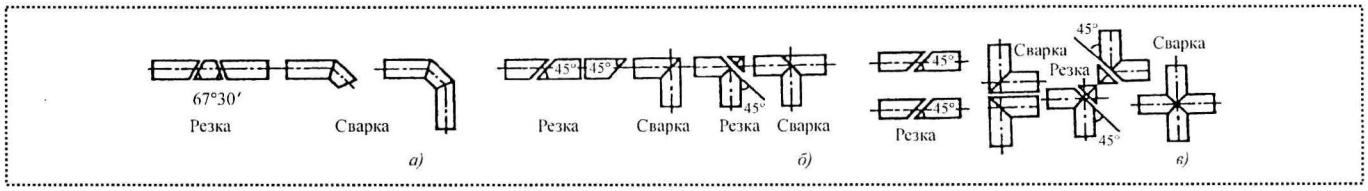


Рис. 25. Схема процесса изготовления фасонных частей контактной стыковой сваркой:
а – отводов и колен; *б* – тройников; *в* – крестовин

При угле изгиба трубы 90° следует перегибать на 6° для ПНД и на 10° для ПВД и ПП. При других углах изгиба следует рассчитать величину перегиба исходя из указанных выше значений.

Отклонение угла изгиба от заданного не должно превышать ±3°.

Охлаждение согнутых труб следует производить сжатым воздухом или водой в фиксированном положении до температуры 28...30 °С.

В качестве наполнителей при гибке труб следует использовать резиновый жгут, гибкий металлический или резиновый шланг, набитый песком или раздуваемый сжатым воздухом. В отдельных случаях в качестве наполнителя допускается применять чистый речной песок, нагретый до температуры 100 °С. Концы труб после заполнения песком должны заглушаться пробками.

Соединения должны быть испытаны гидравлическим способом на герметичность:

- безнапорные трубопроводы – на давление 0,02 МПа (0,2 кгс/см^2);
- напорные трубопроводы – на давление в 1,5 раза больше максимального рабочего, но не менее 0,2 МПа (2 кгс/см^2).

Продолжительность испытания 2 мин.

Применение сварных фасонных частей из труб (отводов, колен, тройников, крестовин и переходных тройников) допускается при отсутствии соответствующих частей, изготовленных методом литья.

Фасонные части для труб из ПВД, ПНД и ПП следует изготовлять контактной стыковой сваркой, а для труб из ПВХ – газовой прутковой сваркой.

Технология изготовления отводов, колен, тройников и крестовин для труб из ПВД, ПНД и ПП контактной стыковой сваркой включает следующую последовательность действий (рис. 25):

- резка труб на заготовки;
- очистка концов труб от загрязнений и торцовка;
- сварка отводов и колен;
- отрезка вершины угольника для тройников и крестовин;
- сварка тройников и крестовин.

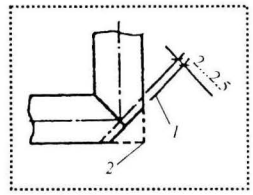


Рис. 26. Отрезка вершин угольника при изготовлении тройников и крестовин:
1 – линия реза; *2* – вершина угольника

При изготовлении тройников и крестовин отрезать вершину сваренного угольника и приваривать к нему трубу или сваривать угольники между собой необходимо после полного остывания предыдущего сварного шва. При отрезке вершины угольника линию реза необходимо смещать на 2...2,5 мм от точки пересечения осей в сторону вершины угольника (рис. 26) для компенсации осадки труб при оплавлении и сварке.

Сварные отводы, как правило, должны иметь от одного до трех секторов. Радиус кривизны сварного отвода должен составлять 1...1,5 наружного диаметра трубы.

Переходные тройники для труб из ПВД, ПНД и ПП изготовляют, приваривая ответвление контактной сваркой к горловине, полученной вытяжкой.

Ответвление следует приваривать к горловине не раньше чем через 8 ч после ее формования.

Указанные переходные тройники применяют при температуре транспортируемой среды не выше 30 °С.

Технология изготовления отводов, колен, тройников и крестовин для труб из ПВХ газовой прутковой сваркой включает следующую последовательность действий:

- резка труб на заготовки;
- подготовка деталей под сварку (аналогично подготовке деталей для металлических труб);
- газовая прутковая сварка.

При отсутствии специальных требований к испытанию сварных фасонных частей режимы их испытания должны соответствовать режимам испытания всего трубопровода.

Список литературы

1. **Справочник** механика. Нижний Новгород: "Вента-2", 2001.

(Продолжение следует.)

УДК 621.791.011

В.П. Сидоров, *д-р техн.наук*, **А.И. Ковтунов**, *канд. техн. наук*,
М.Н. Бородин, Т.В. Чермашенцева
(Тольяттинский государственный университет)

Исследования процессов рафинирования при сварке сталей с алюминиевым покрытием

Рассмотрены результаты исследования процессов рафинирования металла шва от алюминия в процессе сварки сталей с алюминиевым покрытием. Приведены режимы и предложен способ сварки, который позволяет существенно снизить содержание алюминия в сварном шве.

Are carried researches of processes of refinement of metal of a seam from aluminium in process welding steels with aluminium covering. By results of work optimum modes welding are developed and offered way of welding application allows to lower essentially the contents of aluminium in a welded seam.

В промышленности все шире применяют изделия из сталей с алюминиевым покрытием. Такие стали являются самостоятельной группой промышленных материалов, позволяющих сочетать наиболее ценные свойства составляющих их компонентов: высокую пластичность с высокой сопротивляемостью действию агрессивных сред; высокую прочность с хорошей электропроводностью и т.д. [1].

Однако при сварке такого материала возникают трудности, связанные с насыщением сварного шва алюминием, что значительно ухудшает его прочностные и пластические свойства. Уже при содержании алюминия порядка 0,28 % заметно снижаются пластические свойства металла шва [2]. При содержании алюминия более 7 % в структуре металла образуются интерметаллидные соединения типа Fe_3Al, $FeAl_2$, Fe_2Al_5, $FeAl_3$, что приводит к значительному снижению и прочности, и пластичности металла шва. Все это увеличивает вероятность образования трещин в процессе сварки сталей с алюминиевым покрытием (рис. 1 см. на 3 стр. обложки).

В связи с этим в процессе сварки сталей с алюминиевым покрытием необходимо проводить рафинирование металла шва от алюминия, переводя алюминий в химические соединения, легко удаляемые из сварочной ванны в шлак или в атмосферу.

Проведенный анализ свойств химических соединений алюминия (плотность, температура кипения, термодинамические свойства) показал, что удалить алюминий из сварного шва возможно, связывая его в оксид Al_2O_3 (плотность ρ = 3,90 г/см^3), в хлорид $AlCl_3$ (температура возгонки $t_{возг}$ = 183 °С) или фторид AlF_3 (плотность ρ = 2,88 г/см^3, температура кипения $t_{кип}$ = 1270 °С). Для этого целесообразно вводить в сварочную ванну кислород, хлор или фтор либо в чистом виде, либо в виде соединений их с металлами, обладающими меньшим сродством к указанным элементам, чем алюминий. Однако применение хлоридов и фторидов нежелательно из-за их высокой токсичности.

Рафинирование металла шва от алюминия окислением в процессе сварки можно осуществить двумя путями:

- введением оксидов металла в сварочную ванну через флюс;
- проведением сварки в защитных газовых смесях, обладающих высокой окислительной способностью.

Окислительную способность газа или газовой смеси определяют количеством прореагировавшего кислорода [3]. К сильноокислительным средам можно отнести углекислый газ, его смесь с кислородом, смесь аргона с кислородом, которые и целесообразно применять для сварки сталей с алюминиевым покрытием.

Исследования проводили на пластинах из стали 08КП–У толщиной 1,5 мм с двухсторонним алюминиевым покрытием толщиной 50 мкм. В качестве защитных газовых сред применяли смесь $CO_2 + O_2$, в двух вариантах процентного соотношения углекислого газа и кислорода соответственно 90:10; 80:20.

Сварку вели с использованием сварочного источника Migatronic на постоянном токе обратной полярности с применением электродной проволоки Св08Г2С диаметром 1,2 мм. Режимы сварки выбирали исходя из качества формирования сварного шва, которое оценивалось визуально. Скорость подачи электродной проволоки варьировали в пределах $v_э$ = 1,2...3 м/мин, силу сварочного тока I = = 60...120 А, напряжение дуги $U_д$ = 12...25 В.

Оптимальный режим сварки в CO_2 соответствует $U_д$ = 18 В, $v_э$ =1,8 м/мин. При этом хорошо формируется корень и облицовка шва (рис. 2, *а* см. на 3 стр. обложки). При сварке в газовых смесях CO_2 + + O_2 оптимальный режим сварки $U_д$ = 18 В, $v_э$ = 2,2 м/мин (рис. 2, *б*). Необходимость увеличения скорости подачи проволоки и, соответственно, скорости сварки определяют увеличением проплавляющей способности при сварке в смеси, содержащей кислород.

Химический анализ корня и лицевой стороны шва показал содержание алюминия в шве после наплавки в среде аргона более 6 %, в среде углекислого газа 3...4 %, а в смеси углекислого газа и кислорода от 0,7...1,2 % в зависимости от процентного соотношения газов (см. табл.). Согласно расчетам, в таком же образце при сварке в аргоне содержание алюминия в шве должно достигать 15 %. Разница между опытными и расчетными данными объясняют окислением и частичным испарением алюминия. Однако сварка в защитных газах не дала положительных результатов: количество алюминия осталось достаточно высоким. Учитывая, что содержание алюминия в корне шва выше чем в облицовке, было предложено проводить сварку на флюсовой подушке. В качестве активного флюса использовали Fe_2O_3 и $FeCl_3$. Флюс насыпали на металлическую подкладку, образец укладывали на слой флюса. Сварку проводили в среде углекислого газа с 10%-ным содержанием кислорода. Оптимальные режимы сварки на подкладке из флюса $FeCl_3$ – $U_д$ = 16 В, $v_э$ = 1,6 м/мин, а на подкладке из флюса Fe_2O_3 – $U_д$ = 15 В, $v_э$ = 1,6 м/мин. При этих режимах наблюдают хорошее проплавление основного металла (рис. 2, *а*, *б*).

Результаты химического анализа металла сварного шва

Условия сварки		Содержание алюминия в шве, %	
Характер защитной среды	Характер формирования корня шва	Облицовка	Корень шва
CO_2	Свободное формирование	2...3	3...6
CO_2 +O_2 (10%)	Свободное формирование	0,74	1,2
CO_2 +O_2 (20 %)	Свободное формирование	0,7	1,2
CO_2 +O_2 (10 %)	На флюсовой подушке $FeCl_3$	1,02	0,7
CO_2 +O_2 (10 %)	На флюсовой подушке Fe_2O_3	0,66	0,52

Химический анализ (см. табл.) показал, что при сварке на флюсовой подушке с хлоридом железа содержание алюминия в корне шва уменьшается до 0,7 % , в лицевой стороне шва – до 1,02 %, при сварке на флюсовой подушке с оксидом железа соответственно до 0,52 и 0,7 %. Как показал металлографический анализ, применение в качестве флюса хлорного железа (III) значительно уменьшает слой интерметаллидов на поверхности образцов около металла шва по сравнению с применением оксида железа (III) (рис. 4). Однако количество интерметаллидных включений в металле шва меньше при использовании оксида железа. Хлорное железо интенсивно взаимодействует с алюминиевым покрытием при температурах выше 150 °С и испаряется с поверхности образцов при 500 °С, что и определяет содержание интерметаллидных фаз в сварном соединении.

Выводы

1. Для снижения содержания алюминия при сварке сталей с алюминиевым покрытием целесообразно вводить в сварочную ванну кислород, хлор или фтор либо в чистом виде, либо с оксидами, хлоридами или фторидами металлов. Учитывая то, что хлориды и фториды очень токсичны, предложено удалять алюминий из сварного шва, связывая его в оксид. Перевести алюминий в оксид можно, проводя сварку в активных газовых смесях или по слою флюса, содержащего оксиды металлов.

2. При сварке образцов из стали, покрытой алюминием, в среде CO_2 +O_2 удалось достигнуть значительного снижения алюминия в шве. Результаты химического анализа показали, что в корне шва количество алюминия достигает 1,2 %, а в лицевой стороне шва только 0,7 %. Снизить содержание алюминия в корне шва предложено проведением сварки в среде CO_2 + O_2 на флюсовой подушке с флюсом, содержащим оксид железа или хлорид железа. Результаты исследований показали снижение количества алюминия в корне шва при сварке на флюсовой подушке с $FeCl_3$ до 0,7 %, а при сварке на флюсовой подушке Fe_2O_3 до 0,52 %.

Список литературы

1. **Рябов В.Р.** Применение биметаллических и армированных сталеалюминиевых соединений. М.: Металлургия, 1975.

2. **А. с.** № 1054000, кл. В 34 К 35/368. Флюс для сварки сталей, покрытых алюминием. Опубл. 07.12.86, Бюл. № 45.

3. **Новожилов Н.М.** Основы металлургии дуговой сварки в газах. М.: Машиностроение, 1979. 231 с.

УДК 621.83(038)-00-20-82

В.Е. Старжинский, *д-р техн. наук (Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель);*
В.Е. Антонюк, *д-р техн. наук,* **М.М. Кане**, *д-р техн. наук (Белорусская государственная политехническая академия);*
Е.В. Шалобаев, *канд. техн. наук (С.-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики);*
С.В. Шилько, *канд. техн. наук (Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель)*

Словарь-справочник по зубчатым передачам русско-английско-немецко-французский

Словарь-справочник является первой попыткой обобщить, идентифицировать и представить состояние терминологии в области зубчатых передач на наиболее распространенных в технике русском, английском и немецком языках.

В "словарь-справочник" включены собственно русско-англо-немецко-французский словарь по зубчатым передачам, содержащий около 900 терминов, с английским, немецким и французским алфавитными указателями; иллюстрации с названиями элементов и геометрических параметров цилиндрических, конических, гипоидных и червячных передач и элементов их зубьев; иллюстрированный словарь-справочник по зуборезному инструменту, а также термины, характеризующие форму и расположение пятна контакта на зубьях колес конических передач. Словарь-справочник предназначен для научно-технических работников, преподавателей и аспирантов, работающих в области зубчатых передач; может быть также полезен переводчикам технической литературы.

В "Словаре" приняты следующие сокращения: в названиях языков: r – русский, e – английский, d – немецкий, f – французский; в обозначениях рода и числа существительных: f – женский, m – мужской, n – средний, pl – множественное число; в текстах: ЗК – зубчатое колесо; ЗП – зубчатая передача.

Содержание

Словарь по зубчатым передачам
Русско-английско-немецко-французский
Английский алфавитный указатель
Немецкий алфавитный указатель
Французский алфавитный указатель
Основные термины, относящиеся к геометрическим параметрам цилиндрических, конических, гипоидных и червячных передач
Иллюстрированный словарь-справочник по зубообрабатываемому инструменту
Иллюстрированный словарь-справочник: Форма и расположение пятна контакта
Список использованных источников

А

А1	*r*	автомат зубодолбежный
	e	gear shaping automation
	d	Zahnradstoβautomat *m*
	f	machine *f* automatique à mortaiser les engrenages
А2	*r*	автомат зубофрезерный
	e	gear hobbing automation
	d	Räderfräsautomat *m*, Wälzfräsautomet *m*
	f	machine *f* automatique à fraser les engregages
А3	*r*	азотирование газовое
	e	gas nitriding
	d	Gasnitrieren *n*
	f	nitruration *f* fazeuse
А4	*r*	аксоид
	e	Axode
	d	Axoid *n*
	f	axoïde *f*

Б

Б1	*r*	биение радиальное
	e	run-out, radial runout
	d	Rundlauffehler *m*, Rundlaufabweichung *f*
	f	faux-rond *m*
Б2	*r*	биение торцовое
	e	axial run-out

d Planlauffehler *m* axialer, Umfangsschlag *m*, Stirnlaufabweichung *f*, Planlaufabweichung *f*
f voilement *m*

Б3 *r* блок зубчатых колес
e cluster gear
d Strufenrad *n*, Blockrad *n*, Räderblock *m*
f bloc *m* de roues denteés

Б4 *r* бочкообразность
e crowning, end relief
d Breitenballigkeit *f*, Balligkeit *f*, Längsballigkeit *f*
f bombage *m* d'hélice

Б5 *r* быть в зацеплении
e mesh engage
d im Eingriff *m* sein
f être engrené

В

В1 *r* вал ведущий
e driving shaft
d Antriebswelle *f*
f arbre *m* moteur

В2 *r* вал-шестерня
e pinion shaft, stem gear
d Zahnradwelle *f*, Schaftrad *n*
f arbre-pignon *m*

В3 *r* вал мелкошлицевой
e fine soline shaft
d Kerbzahnwelle *f*
f atbre *m* à cannelure fine

В4 *r* вал шлицевой
e spline shaft, multiple-spline shaft
d Zahnwelle *f*, Keilwelle *f*
f arbre *m* cannelé

В5 *r* вводить в зацепление
e throw into engagement
d in Eingriff *m* bringen
f engager

В6 *r* венец зубчатый
e (toothed) wheel rim, rim of gear wheel, toothing
d Zahnradkranz *m*, Umschlag *m*
f denture *f*, couronne *f* dentée

В7 *r* венец зубчатый кольцевой
e ring gear, toothed ring
d Zahnring *m*
f denture *f* annulaire

В8 *r* вершина базового конуса
e base cone apex
d Bezugskegelspitze *f*
f sommet *m* du cône de base

В9 *r* вершина делительного конуса
e reference cone apex
d Teilkegelspitze *f*
f sommet *m* du cône primitif de référence

В10 *r* вершина (зуба)
e top land, tooth crest, tooth tip
d Zahnspitze *f*
f sommet *m* de dent

В11 *r* вершина конуса
e apex, cone center
d Kegelscheitel *m*
f sommet *m* de cône

В12 *r* вершина конуса вершин зубьев (конического ЗК)
e face apex, top apex
d Strinkegelscheitel *m*
f commet *m* du cône de tête

В13 *r* вершина конуса впадин (конического ЗК)
e root apex
d Feβkegelscheitel *m*
f sommet *m* du cône de pied

В14 *r* вершина начального конуса
e pitch cone apex
d Wälzkegelspitze *f*
f sommet *m* du cône primitif de fonctionnement

В15 *r* вершина начальных конусов
e common apex of gear
d Achsenschnittpunkt *m*, Kegelspitze *f*
f sommet *m* d'un engrenage conique

В16 *r* виток (червяка)
e thread
d Gang *m*
f filet *m*

В17 *r* виток однозаходный
e single thread
d eingängiges Gewinde *n*
f filet *m* simple

В18 *r* водило дифференциального зубчатого механизма
e differential carrier
d Hinterachsbrücke *f*, Hinterachsträger *m*
f porte-pignon *m* du mécanisme denté différentiel

В19 *r* водило планетарной передачи
e (pinion) planetary carrier, (pinion) planet carrier
d Ritzelträger *m*, Steg *m*
f porte-pignon *m* d'engrenage planétaire, châssis *m* porte-satellite

В20 *r* волнистость контактной линии
e undulation height (along helix)
d Flankenlinienwelligkeit *f*
f ondulation *f* d'helice

В21 *r* Волнистость по профилю зуба
e profile undulation
d Profilwelligkeit *f*
f ondulation *f* du profil

В22 *r* впадина ЗК (между зубьями)
e tooth space
d Zahnlücke *f*
f entredent *m*

В23 *r* вращение по часовой стрелке
e clockwise rotation

d Rechtsdrehung *f* im Uhrzeigersinn *m*
f rotation *f* dans le sens d'horloge rotation *f* dextrorsum

B24 *r* вращение против часовой стрелки
e counter clockwise rotation
d Linksdehung *f* entgegen dem Uhrzeigersinn *m*
f rotation *f* dans le sens contraire d'horloge rotation *f* sinistrorsum

B25 *r* время обработки
e processing time
d Abtragszeit *f*
f temps *m* d'usinage (de façonnage)

B26 *r* входить в зацепление
e engage
d in Eingriff *m* kommen
f engrener

B27 *r* выводить из зацепления
e disengage
d außer Eingriff *m* setzten
f désengrener

B28 *r* выемка поверхности вершин зубьев
e throat from surface
d Schnecnenradabköpfung *f*
f gorge *f* de surface de sent

B29 *r* высота головки зуба
e addendum
d Kopfhöhe *f*, Zahnkopfhöhe *f*
f saillie *f* (de dent), hauteur *f* de saillie (de dent)

B30 *r* высота головки зуба до хорды
e chordal addendum
d Kopfhöhe *f* (Sehnenmaß *n*)
f saillie *f* (de dent) à la corde

B31 *r* высота головки зуба до хорды в нормальном сечении
e normal chordal addendum
d Kopfhöhe *f* in der Normalesbene *f* (Sehnenmaß *n*)
f saillie *f* (de dent) à la corde réelle

B32 *r* высота до (исходной) хорды зуба
e reference chordal height, chordal height
d Kopfhöhe *f* über die Sehne *f*
f saillie *f* (de dent) à la corde de référence

B33 *r* высота до (постоянной) хорды зуба
e constant chord neight
d konstante Sehnenhöhe *f*
f saillie *f* (de dent) à la corde constante

B34 *r* высота зуба
e tooth depth
d Zahnhöhe *f*, Zahntiefe *f*, Spannungsdicke *f*
f hauteur *f* de dent

B35 *r* высота зуба инструмента
e tool tooth depth
d Werkzaugzahnohöne *f*
f hauteur *f* de dent d'outil

B36 *r* высота зуба нормальная
e tooth depth
d Zahnhöhe *f*
f hauteur *f* réelle de dent

B37 *r* высота зуба полная
e whole (tooth) depth, full (tooth) depth
d ganze Zahnhöhe *f*, Zahntiefe *f*
f hauteur *f* totale de dent

B38 *r* высота зуба стандартная
e standerd depth
d Zahn *m* mit normaler Zahnhöhe *f*, normale Zahnhöhe *f*
f hauteur *f* standerd de dent

B39 *r* высота ножки зуба
e dedendum
d Fußhöhe *f*, Zahnfußhöhe *f*
f creux *m* (de dent), hauteur *f* du creux (de dent)

Г

Г1 *r* геликоид *m*
e helicoid *m*
d Schraubenfläche *f*
f hélicoïde *m*

Г2 *r* геликоид эвольвентный
e involute helicoid
d Evolventen-Zylinderfläche *f*
f hélicoïde *m* à développante

Г3 *r* геликоид сферический эвольвентный
e spherical involute helicoid
d Evolventen-Kegelfäche *f*
f hélicoïde *m* à développante sphérique

Г4 *r* генератор *m* волн
e wave generator [former]
d Wellengenerator *m*
f générateur d'ondes

Г5 *r* гипоциклоида *f*
e hypocycloid
d Hypozykloide *f*
f hypocycloïde *m*

Г6 *r* гитара *f*
e gear quadrant
d Wechselräderschere *f*, Raderschere *f*
f tête *f* de cheval (lyre *f*) *d'engrenage*

Г7 *r* гитара *f* деления
e index change gear train
d Teilwechselradschere *f*
f lyre *f* de division

Г8 *r* гитара *f* дифференциала
e dufferential change gears
d Differentialwechselräder *pl*
f lyre *f* de différential

Г9 *r* гитара *f* подачи
e feed change geares
d Vorschubwechselrädern *pl*
f lyre *f* d'avance

Г10 *r* гитара *f* со сменными ЗК
e change gear train
d Zahnräderschere *f*
f train *m* de roués denteés, lyre *f*

Г11 *r* глубина *f* закалки
e depth of hardening
d Einhärtungstiefe *f*
f profondeur *f* de trempe

Г12 *r* глубина *f* захода зубьев
e depth of engagement, working depth
d Eingriffatiefe *f*, Angriffshöhe *f*, gemeinsame Eingriffshöhe *f*
f hauteur *f* utile

Г13 *r* глубина *f* цементации
e depth of carbonization
d Einsatzhärtungstiefe *f*
f épaisseur *f* de cémentation

Г14 *r* головка *f* зуба
e addendum
d Zahnkopf *m*
f saillie *f* de dent

Г15 *r* головка *f* зуба делительная
e reference addendum
d Teilzahnkopf *m*, Kopflanke *f*
f saillie *f* de dent de référence

Г16 *r* головка *f* зуба инструмента
e tool addendum
d Werkzeuhzahnkopf *f*
f saillie *f* de dent d'outil

Г17 *r* головка *f* зубодолбежная
e gear shaping cutter
d Wälzstoßeinheit *f*
f tête *f* a tailler engrenages par outil pignon

Г18 *r* головка *f* фрезерная поворотная
e hob swivel head
d Frässchlittenführungsbahn-Drehteil *m*, schwenkbarer Frässupport *m*
f tête *f* porte-fraise pivotante

Г19 *r* гребенка *f* зуборезная
e rack type cutter
d Hobelkamm *m*
f outil *m* de mortais

Г20 *r* гребенка *f* зуборезная косозубая
e helical rack type cutter
d Schrägzahn-Hobelkamm *m*, Schneidendezahnstage *f*
f crémaillère *f* à denture helicoïdale

Г21 *r* гребенка *f* зубострогальная
e planing cutter
d Zahnstangenwerkzeug *n*
f crémaillère *f* àraboter les dents

Д

Д1 *r* движение *n*
e motion
d Bewegung *f*
f mouvement *m*

Д2 *r* движение *n* винтовое
e helical motion
d Schraubvorschub *m*
f mouvement *m* hélicoïdal

Д3 *r* движение *n* обката
e generation motion, roll motion
d Wälzbewegung *f*
f mouvement *m* de génération

Д4 *r* диаметр *m* вершин зубьев ЗК с внешними зубьями
e outside diameter, tip diameter
d Kopfkreisdurchmesser *m*, Außendurchmesser *m*
f diamètre *m* de tête (de roue extérieure)

Д5 *r* диаметр *m* внутренний [диаметр вершин] ЗК с внутренними зубьями
e internal diameter
d Kopfkreisdurchmesser *m* bei Innenverzahnungen *pl*, Innendurchmesser *m*
f diamètre *m* de tête (de roue intériere)

Д6 *r* диаметр *m* впадин
e root diameter
d Fußkreisdurchmesser *m*
f diamètre *m* de pied

Д7 *r* диаметр *m* делительный
e reference diameter
d Teilkreisdurchmesser *m*, Mittenkreisdurchmesser *m*
f diamètre *m* de référence

Д8 *r* диаметр *m* измерительного шарика
e measuring ball diameter
d Kugeldurchmesser *m*
f diamètre *m* de bille de mesure

Д9 *r* диаметр *m* измерительного ролика
e gauge pin diameter, measuring pin diameter
d Meßrollendurchmesser *m*
f diamètre *m* de cheville de mesure

Д10 *r* диаметр *m* наибольший наружный
e overall diameter
d Gesamtdurchmesser *m*
f diamètre *m* de tête extérieure maxi

Д11 *r* диаметр *m* начальный
e (operating) pitch diameter, (testing) pitch diameter
d Durchmesser *m* des Betriebs-Wälzkreises *m*, Prüf-Teilkreisdurchmesser *m*, Wälzkreisdurchmesser *m*
f diamètre *f* primitif de fonctionnement

Д12 *r* диаметр *m* основной
e base diameter
d Grundkreisdurchmesser *m*
f diamètre *m* du cercle de base

Д13 *r* диаметр *m* фрезы наружный
e hob outside diameter
d Fräseraußendurchmesser *m*
f diamètre *m* extérieure de fraise

Д14 *r* диаметр *m* червяка [червячного колеса] средний
e worm [worm gear] thoat diameter
d Mittenkreisdurchmesser *m* der Schnecke *f* [Schneckenrad *n*], Schnecken *f* [Schneckenrad *n*] in der Mitte *f* des Axialschnittes *m*
f diamètre *m* moyen de vis [de roue à vis]

Д15 *r* диаметр *m* шарика (или ролика)

e pin (or roll) diameter
d Durchmesser *m* der Kugel *f* (oder Rolle *f*)
f diamètre *m* de bille (ou de cheville)

Д16 *r* дифференциал *m*
e differential gear train
d Ausgleichgetriebe *n*, Differentialgetriebe *n*
f engrenage différentiel

Д17 *r* дифференциал *m* конический
e differential bevel gear train
d Kegelrad-Differentialgetriebe *n*
f différentiel *m* conique

Д18 *r* дифференциал *m* цилиндрический
e differential spur
d Stirnrad-Differentialgetriebe *n*
f différentiel *m* cylindrique

Д19 *r* длина *f* активной линии зацепления
e length of action, length of path of contact
d Eingriffslänge *f*, Eingriffstrecke *f*
f longueur *f* d'action, longueur *f* de conduite

Д20 *r* длина *f* дополюсной части активной линии зацепления
e length of apporoach path, path of dedendum contact
d Einlauf-Eingriffsstrecke *f*, Fußflanken-Eingriffsstrecke *f*
f longueur *f* d'approche, longueur *f* d'action du flanc de pied

Д21 *r* длина *f* заполюсной части активной линии зацепления
e length of recess path, path of addendum contact
d Auslauf-Eingriffsstrecke *f*, Kopfflanken-Eingriffsstrecke *f*
f longueur *f* de retraite, longueur *f* d'action du flanc de tête d'ecartement

Д22 *r* длина *f* линии зацепления
e total length of transmission
d totale Überdeckungslänge *f*, Eingriffstrecke *f*, Eingriffslänge *f*
f longueur *f* totale tolerance *f*

Д23 *r* длина *f* образующей делительного конуса
e length of reference cone generatrix
d Kegeldistanz *f*, Teilkegellänge *f*
f longueur *f* de génératrice du cône de référence

Д24 *r* длина *f* общей нормали
e base tangent length
d Zahnweite *f*
f écartement *m* (sur dents)

Д25 *r* длина *f* осевого перекрытия
e overlap length, length of approach path, helical overlap, face advance
d Schrägenüberdeckungslänge *f*
f longueur *f* de recouvrement d'axe

Д26 *r* дно *n* впадины ЗК
e bottom land, root land
d Zahngrund *m*
f fond *m* du creux

Д27 *r* доводка *f* пятна контакта
e tooth contact pattenn development
d Tragenbild *n*
f développement *m* de la zone de portée de la denture

Д28 *r* долбление *n*
e slotting
d Stoßen *n*
f mortaisage *m*

Д29 *r* долбяк *m* зуборезный
e cutter, circular cutter (shaft type and disc type), gear shaper cutter, follow's cutter
d Schneidrad *n*, Zahnschenidrad *n*, Wälzstoßwerkzeug *n*
f outil-pignon *m*

Д30 *r* допуск *m*
e tolerance
d Toleranz *f*
f tolérance *f*

Д31 *r* допуск *m* жесткий
e ciose tolerance
d enge Toleranz *f*
f tolérance *f* serrée

Д32 *r* допуск *m* на биение зубчатого венца
e gear ring run-out tolerance
d Rundlaufabweichung *f*
f tolérance *f* de faux-rond de denture

Д33 *r* допуск *m* на боковой зазор
e backlash error out of tolerance
d Flankenspielabweichung *f*
f tolérance *f* de jeu entre dents

Д34 *r* допуск *m* на кинематическую погрешность колеса
e tangential composte error tolerance
d Einflankenwälzabweichung *f*
f tolérance *f* d'erreur composée tangentielle

Д35 *r* допуск *m* на местную кинематическую погрешность (при однопрофильной проверке)
e tooth-to-tooth composite error tolerance (single flank)
d Einflanken-Wälzprungabweichung *f*
f saut *m* tangentiel

Д36 *r* допуск *m* на накопленную погрешность *K* шагов
e tolerance on a span *K* pitches (chordal)
d Abschnitteilungsabweichung *m* über eine Sehne *f* von *K* Teilungen *pl* (Sehnenmaß *n*)
f tolérance *f* cumulée sur *K* pas

Д37 *r* допуск *m* на накопленную погрешность шага ЗК
e total cumulative pitch tolerance of a gear, maximum accumulated pich tolerance
d Teilungsgesamtabweichung *f*, Gesamtteilungsabweichung *f*
f tolérance *f* totale de pas de division

Д38 *r* допуск *m* на направление зуба
e longitudinal form tolerance (height of undulations)
d Schrägungsformtoleranz *m*
f tolérance *f* de forme longitudinale

Д39 *r* допуск *m* на отклонение межосевого расстояния
e centre distance tolerance

d Achsabstands-Toleranzuabweichung *f*
f tolérance *f* d'entraxe
Д40 *r* допуск *m* на среднюю длину общей нормали
e tolerance of base tangent length
d Zahnweiten-Toleranzabweichung *f*
f tolérance *f* d'écartement moyen sur *K* dents
Д41 *r* допуск *m* на толщину зуба
e tolerance of tooth thickness
d Zahndicken-Toleranzabweichung *f*, Zahndickentoleranz *m*
f tolérance *f* d'épaisseur de dent
Д42 *r* дуга *f* активной части линии зацепления
e arc of action
d activér Eingriffsbogen *m*
f arc *m* de la ligne d'action
Д43 *r* дуга зацепления
e engagement arc
d Eingriffsbogen *m*
f arc *m* de conduite
Д44 *r* дуга осевого перекрытия
e overlap arc
d Sprungüberdeckungsbogen *m*
f arc *m* de recouvrement

3

31 *r* заготовка *f* зубчатого колеса
e blank, gear blank
d Drehkörper *m*, Radkörper *m*
f roue *f* à tailler
32 *r* зазор *m*
e clearance, play
d Spiel *n*, Zahnspiel *m*
f jeu *m*
33 *r* зазор *m* боковой
e backlash
d Flankenspiel *n*, Eingriffsflankenspiel *n*
f jeu *m* entre dents
34 *r* зазор *m* боковой гарантированный
e allowance backlash
d Flankenspielanteil *m*
f jeu *m* entre dents imposé
35 *r* зазор *m* боковой нормальный
e normal backlash
d Normalflankenspiel *n*
f jeu *m* normal entre flancs
36 *r* зазор *m* боковой (окружной) ЗП
e circumferential backlash
d Verdrehflankenspiel *n*, Verdrehspiel *n*, Drehflankenspiel *n*
f jeu *m* circonférentiel (primitif)
37 *r* зазор *m* радиальный
e clearance, bottom clearance
d Kopfgrundspiel *n*, Radialluft *f*, Zahngrundspiel *n*, Kopfspiel *n*, Radialflankenspiel *n*, Radialspiel *n*
f vide *m* á fond de dent
38 *r* закаливаемость *f*
e hardenability
d Härtbarkeit *f*
f trempabilité *f*
39 *r* закалка *f*
e hardening
d Härten *n*
f trempe *f*
310 *r* закалка *f* индукционная
e induction hardening
d Induktionashärten *n*
f trempe *f* par induction
311 *r* закругление *n*
e gear-tooth chamfering, gear-tooth rounding-off
d Abrundung *f*
f arrondi *m*
312 *r* затылование *n*
e backing-off, relieving
d Hinterstoßen *n*
f dépouille *f*
313 *r* зацепление *n*
e engagement, meshing
d Eingriff *m*
f engagement *m*, engrènement *m*
314 *r* зацепление *n* внешнее
e external gearing
d Äußenverzahnung *f*
f engagement *m* extérieur
315 *r* зацепление *n* внутреннее
e internal gearing
d Innenverzahnung *f*
f engagement *m* intérieur
316 *r* зацепление *n* зубчатое
e engagement, gearing, meshing
d Eingriff *m*, Angriff *m*, Rädereingriff *m*, Verzahnung *f*
f engagement *m* des roues
317 *r* зацепление *n* зубчатое с зубьями, полученными методом холодного выдавливания
e gearing with cold pressing-out teeth
d Verzahnung *f* mit kaltgepreßten Zähnen *pl*
f engagement *m* à dents façonnées par l'extrusion à froid
318 *r* зацепление *n* зубчатое с коваными зубьями
e gearing with forged teeth
d Verzahnung *f* mit geschmiedeten Zähnen *pl*
f engagement *m* à dents forgées
319 *r* зацепление *n* зубчатое с крупными зубьями
e gearing with course teeth
d Verzahnung *f* mit groben Zähnen *pl*
f engagement *m* à grosses dents
320 *r* зацепление *n* зубчатое с мелкими зубьями
e gearing with fine teeth
d Verzahnung *f* mit feinen Zähnen *pl*
f engagement *m* à fines dents
321 *r* зацепление *n* зубчатое с нарезанными зубьями
e gearing with cutting teeth, gearing with cutted teeth

d Verzahnung *f* mit spanendhergestellten Zähnen *pl*, Verzahnung *f* mit geschnittenen Zähnen *pl*
f engagement *m* taillé
322 *r* зацепление *n* зубчатое с прямыми зубьями
e gearing with spur teeth
d Verzahnung *f* mit gerade *n* Zähnen *pl*
f engagement *m* droit
323 *r* зацепление *n* косозубое
e helical engagement
d Schrägverzahnung *f*
f engagement *m* hélicoïdal
324 *r* зацепление *n* с зубьями спиральной формы
e spiral engagement
d Spiralverzahnung *f*
f engagement *m* spiral
325 *r* зацепление *n* с круговыми зубьями
e engagement with circular teeth
d Bogenverzahnung *f*
f engagement *m* circulaire
326 *r* зацепление *n* эвольвентное
e involute gearing, involute meshing, involute tooth system
d Evolventen-Verzahnung *f*
f engagement *m* à développante de cercle
327 *r* звено *n*
e link
d Glied *n*, Mechanismenglied *n*
f lien *m*, membre *m* d'un mechanisme
328 *r* звено *n* ведомое
e driven member
d getriebendes Glied *n*
f membre *m* mené
329 *r* звено *n* ведущее
e driving member
d treibender Tei *m*
f membre *m* menant
330 *r* зуб *m* (ЗК)
e (gear) tooth
d Zahn *m*
f dent *f* (d'engrenage)
331 *r* зуб *m* винтовой
e helical tooth
d Spiralzahn *m*
f dent *f* hélicoïdale
332 *r* зуб *m* косой
e helical tooth
d Schrägzahn *m*
f dent *f* helicoïdale
333 *r* зуб *m* октоидной ЗП
e octoid tooth
d Oktoidzahn *m*
f dent *f* octoïde
334 *r* зуб *m* прямой
e straigth tooth
d Geradzahn *m*
f dent *f* droite
335 *r* зуб *m* спиральный
e spiral tooth
d Spiralzahn *m*
f dent *f* spirale
336 *r* зуб *m* тангенциальный
e skew tooth
d Schrägzahn *m*
f dent *f* tangentielle
337 *r* зубодолбление *n*
e gear (-tooth) shaping, shaping
d Zahnradstoßen *n*, Zahnstoßen *n*
f mortaisage *m* de dents
338 *r* зубодолблене *n* методом обката
e gear (-tooth) shaping by generating method
d Wälzstoßen *n*, Abwälzstoßen *n*
f mortaisage *m* de dents par génération
339 *r* зубодолбление *n* профильное
e profil gear shaping
d Formstoßen *n*
f mortaisage *m* de dents par profilage
340 *r* зубонакатывание *n*
e gear rolling
d Zahnradwalzen *n*, Zahnradrollen *n*
f taillage *m* par molettage
341 *r* зубонарезание *n*, нарезание зубьев
e gear cutting
d Verzahnen *n*
f taillage *m*
342 *r* зубообработка *f*
e gear machining, gear processing
d Zahnradfertigung *f*
f usinage *f* d'engrenages
343 *r* зубострогание *n* методом обката
e gear (-tooth) planing by generating method
d Wälzhobeln *n*
f planage *m* d'engrenages par génération
344 *r* зубострогание *n* конических колес
e bevel hear cutting by reciprocating tools
d Kegelradhobeln *n*
f rabotage *m* de roués coniques
345 *r* зуботочение *n*
e gear turning
d Wälzschälen
f tournage *m* de dents
346 *r* зуботочение *n* долбяком
e gear turning with circular cutter
d Wälzschälen *n*
f tournage *m* de dents par outil-pignon
347 *r* зуботочение *n* чашечным резцом
e gear turning with cup-type tool
d Wälzschälen *n*
f tournage *m* de dents par outil en cuvette
348 *r* зубофрезерование *n*
e (gear) hobbing

d Zahnradfräsen *n*
f fraisage *m* de dentures
349 *r* зубофрезерование *n* диагональное
e diagonal hobbing
d Diagonalwälzfräsen *n*
f fraisage *m* de dentures diagonal
350 *r* зубофрезероание *n* методом обката
e gear (-tooth) hobbing by generating method
d Wälzfräsen *n*, Abwälzfräsen *n*
f fraisage *m* de dentures par génération
351 *r* зубофрезерование *n* методом обката с прерывистым делением
e gear hobbing by generating method with irregular divizion
d Zahnradteilwälzfräsen *n*
f fraisage *m* de dentures par génération avec division irréguliére
352 *r* зубофрезерование *n* профильное
e profil gear (-tooth) hobbing
d Formfräsen *n*
f fraisage *m* de dentures par profilage
353 *r* зубофрезерование *n* червячной фрезой методом обката
e hobbling by gear hob with generating method
d Wälzfräsen *n*
f fraisage *m* de dentures à la fraisemère par génération
354 *r* зубохонингование *n*
e gear honing
d Zahnradhonen *n*
f honning *m* des engrenages
355 *r* зубошлифование *n*
d gear grinding
r Zahnradschleifen *n*
f rectification *f* de dentures
356 *r* зубошлифование *n* методом обката
e generating gear (-tooth) grinding
d Wälzschleifen *n*, Abwälzschleifen *n*
f rectification *f* de dentures par génération
357 *r* зубошлифование *n* профильное
e profil gear (-tooth) grinding
d Formschleifen *n*
f rectification *f* de dentures par profilage
358 *r* зубчатый
e toothed
d verzahnt
f denté
359 *r* зубья *pl* левые
e left-hand teeth
d linkssteigende Verzahnung *f*
f dents *f* à gauche
360 *r* зубья *pl* правые
e right-hand teeth
d Rechtssteigende Verzahnung *f*
f dents *f* à droite
361 *r* зубья *pl* равновысокие
e equal addendum teeth
d Nullverzahnung *f*
f dents *f* également hautes
362 *r* зубья *pl* торцовые
e end teeth
d Stirnverzahnun *f*
f dents *f* frontales
363 *r* зубья *pl* укороченные
e stub teeth
d Stumpfverzahnung *f*
f dents *f* raccourcies [courtes]

И

И1 *r* измерение *n* длины общей нормали зубьев
e base tangent length measuring
d Zahnweitenmessung *f*
f mesure *f* d'écartement sur dents
И2 *r* измерение *n* окружного шага
e tolerance pitch measuring
d Teilkreisteilungsmessung *f*
f mesure *f* du pas circonférentiel
И3 *r* измерение *n* основного шага
e base pitch measuring
d Eingriffsteilungsmessung *f*
f mesure *f* du pas de base
И4 *r* инфолюта *f* [эвольвентная функция]
e ivolute function
d Evolventenfunktion *f*
f fonction *f*, de développante *f*
И5 *r* инструмент *m* зуборезный
e gear-cutting tool
d Verzahnwerkzeug *n*
f outil *m* de taillage d'engrenages
И6 *r* инструмент *m* зуборезный обкатного типа
e gear tool of generating type
d Wälzwerkzeug *n*
f outil *m* de taillage d'engrenages par génération
И7 *r* интерференция *f*
e interference
d falscher Eingriff *m*, Interferenz *f*, Störung *f*
f interférence *f*
И8 *r* интерференция *f* зубьев
e meshing interference
d Eingriffstörung *f*
f interférence *f* des dents
И9 *r* интерференция *f* зубьев в станочном зацеплении
e cutter interference
d Unterschnitt *m*
f interférence *f* de taillage

К

К1 *r* касательная общая
e comon tangent
d gemeinsame Tangente *f*
f tangente *f* commune
К2 *r* кинематика *f*

e kinematics
d Bewegungslehre *f*, Kinematik *f*
f cinématique *f*

K3 *r* колебание *n* длины общей нормали
e base tangent length error
d Zahnweitenabmaß *n*
f erreur *f* d'écartement sur *K* dents

K4 *r* колебание *n* измерительного межосевого расстояния за оборот ЗК (при двухпрофильной проверке)
e total composite error-double flank (at single gear revolution)
d Zweiflankenwälzfehler *m*, Zweiflankenwälzabweichung *f*
f erreur *f* composée radiale (sur single révolution)

K5 *r* колебание *n* измерительного межосевого расстояния на одном зубе (при двухпрофильной проверке)
e tooth-to-tooth composite error (double flank)
d Zweiflanken-Wälzsprungfehler *m*
f saut *m* radial (sur single dent)

K6 *r* колебание *n* коэффициента перекрытия
e mismatch contact ratio
d Überdeckung *f*, Gesamtüberdeckung *f* (unter Berücksichtigung *f* der Balligkeit *f*)
f rapport *m* de conduite irrégulier

K7 *r* колеса *pl* зубчатые сменные
e interchangeable gears, change speed gears
d Satzräder *pl*, Wechselgetriebe *n*
f roues *f* dentées interchangeables

K8 *r* колесо *n*
e wheel
d Rad *n*
f roue *f*

K9 *r* колесо *n* зубчатое
e (toothed) gear (wheel)
d Zahnrad *n*
f roue *f* dentée d'engrenage

K10 *r* колесо *n* зубчатое [шестерня] переключения коробки скоростей
e gear speed
d Gangrad *n*
f roue *f* [pignon] de changement de marche

K11 *r* колесо *n* зубчатое без смещения
e x-zero gear, standard gear
d Nullrad *n*, x-Nullrad *n*
f roue *f* sans déport

K12 *r* колесо *n* зубчатое ведомое
e driven gear
d getriebenes Rad *n*
f roue *f* menée

K13 *r* колесо *n* зубчатое ведущее
e driver, driving gear
d antreibendes Rad *n*, treibendes Rad *n*
f roue *f* menante

K14 *r* колесо *n* зубчатое ведущее (в паре), шестерня
e pinion
d Rirzel *n*
f pignon *m*

K15 *r* колесо *n* зубчатое внутреннего зацепления
e annulus internal gear (-wheel)
d Innenrad *n*, innenverzahntes Zahnrad *n*, Innenstirnrad *n*
f roue *f* intérieure

K16 *r* колесо *n* зубчатое гибкое
e flexible gear
d flexibles Zahnrad *n*
f roue *f* flexible

K17 *r* колесо *n* зубчатое гипоидное
e hypoid gear (-wheel)
d Hypoidrad *n*, Kegelschraubrad *n*, Hypoidzahnrad *n*
f roue *f* hypoïde

K18 *r* колесо *n* зубчатое делительное
e index gear (-wheel)
d Teilzahnrad *n*
f roue *f* à divisions

K19 *r* колесо *n* зубчатое дифференциала
e differential gear
d Ausgleichkegelrad *n*
f roue *f* (dentée) de différentiel

K20 *r* колесо *n* зубчатое жесткое
e rigid gear
d stiefes Zahnrad *n*
f roue *f* rigide

K21 *r* колесо *n* зубчатое измерительное
e master gear
d Lehrzahnrad *n*, Meisterzahnrad *n*, Prüfrad *n*
f roue *f* pilote

K22 *r* колесо *n* зубчатое коническое
e bevel gear (-wheel)
d Kegelrad *n*
f roue *f* conique

K23 *r* колесо *n* зубчатое коническое квази-эвольвентное [октоидное]
e quasy-involute bevel gear, octoid bevel hear
d Kegelrad *n* mit Oktoidenverzahnung *f* (sogenanntes "Evolventen-Kegelrad")
f roue *f* octoïde [dite roue *f* conique à développante]

K24 *r* колесо *n* зубчатое коническое с внутренними зубьями
e bevel ring gear
d Kegelradkranz *m*
f roue *f* conique à denture interne

K25 *r* колесо зубчатое коническое с криволинейными зубьями
e spiral bevel gear, twisted-bevel gear
d Kegelrad *n* mit Spiralzähnen *pl*, Spiralkegelrad *n*, Spiralzahnkegelrad *n*, Kegelzahnrad *n* mit Kurvenbogenverzahnung *f*
f roue *f* conique à denture spirale

K26 *r* колесо *n* зубчатое коническое с круговыми зубьями
e circular bevel gear
d Bogenzahnkegelrad *n*
f roue *f* conique à denture circulaire

K27 *r* колесо зубчатое коническое с нулевым углом наклона круговых зубьев (ЗК "ЗЕРОЛ")
e ZEROL bevel gear
d ZEROL-Kegelrad *n* (Spiralkegelrad *n* mit 0° – Spiralwinkel *m*)
f ZEROL roue *f* conique (roue *f* conique – zero angle de spirale)

K28 *r* колесо *n* зубчатое коническое с прямыми зубьями
e straight bevel gear
d Geradzahnkegelrad *n*, Kegelrad *n* mit gerade Zähnen *pl*
f roue *f* droite conique

K29 *r* колесо *n* зубчатое коническое с тангенциальными зубьями
e skew bevel gear
d Schrägzahnkegelrad *n*
f roue *f* conique à denture tangentielle, roue *f* conique hélicoïdale

K30 *r* колесо *n* зубчатое коническое эквивалентное
e equivalent bevel gear, virtual bevel gear
d Ersatzkegelrad *n*
f roue *f* (dentée) conique equivalente

K31 *r* колесо *n* зубчатое косозубое
e spiral gear (-wheel), helical gear (-wheel)
d Schraubenrad *n*, schrägverzahntes Zahnrad *n*
f roue *f* à denture hélicoïdale [spirale]

K32 *r* колесо *n* зубчатое накатное
e burniahing gear
d Glättrad *n*
f roue roulée

K33 *r* колесо *n* зубчатое необработанное
e green gear
d ungehärtetes Rad *n*
f roue *f* brute

K34 *r* колесо *n* зубчатое паразитное
e idler, intermediate gear
d Totesrad *n*, Zwischenantriebrad *n*, Zwischenrad *n*
f pignon *m* intermédiaire

K35 *r* колесо *n* зубчатое планетарное
e sun gear, planet hear, planetary pinion
d Planetenrad *n*, Sonnenrad *n*, Umlaufrad *n*
f roue *f* planétaire

K36 *r* колесо *n* зубчатое плоское
e crown gear
d Planrad *n*, Tellerrad *n*
f roue *f* plate

K37 *r* колесо *n* зубчатое плоское плосковершинное
e contrate gear, face gear
d Kronenrad *n*
f roue *f* de champ

K38 *r* колесо *n* зубчатое плоское производящее
e generating crown gear
d Erzeugungsplanrad *n*, erzeugendes Planrad *n*
f roue *f* plate de génération

K39 *r* колесо *n* зубчатое производящее
e generating gear (of a gear)
d Herstellungsrad *n*, Erzeugungsrad *n*
f roue *f* génératrice d'une roue

K40 *r* колесо *n* зубчатое промежуточное
e intermediate gear, idler
d Totesrad *n*, Zwischenantriebsrad *n*, Zwischenrad *n*
f pignon *m* intermédiaire

K41 *r* колесо *n* зубчатое прямозубое
e spur gear
d Geradzahnstirnrad *n*
f roue *f* droite

K42 *r* колесо *n* зубчатое равнозубой конической передачи с межосевым углом 90°
e miter gear (shaft angle 90°, transmission ratio 1,0)
d Gleechkegelrad *n*, Kegelrad *n* mit Übersetzung *f* 1,0 und 90° Achsenwinkel *m*
f roue *f* conique de renvoi d'angle (angle des axes = 90°, rapport de transmission = 1,0)

K43 *r* колесо *n* зубчатое с внешними зубьями
e external gears
d Rad *n* mit Außenverzahnung *f*, Außenrad *n*
f roue *f* à denture extérieure

K44 *r* колесо *n* зубчатое с внутренним зацеплением кольцевое [опорное] [эпициклическое]
e ring gear (of planetary gear train)
d Hohlrad *n* (eines Planetengetriebes)
f couronne (de train planétaire)

K45 *r* колесо *n* зубчатое с внутренними зубьями
e Annulus, internal gear
d Innenrad *n*, innenverzahntes Zahnrad *n*, Innenstirnrad *n*
f roue *f* intérieure

K46 *r* колесо *n* зубчатое с внутренними зубьями косозубое
e internal helical gear
d Innenrad *n* mit Schrägverzahnung *f*
f roue *f* hélicoïdale à denture intérieure

K47 *r* колесо *n* зубчатое с внутренними зубьями прямозубое
e internal spur gear
d Innenrad *n* mit Geradverzahnung *f*
f roue *f* droite à denture intérieure

K48 *r* колесо *n* зубчатое сменное гитары станка
e roll (change) gear, ratio gear
d Wälzwechselrad *n*, Wechselrad *n*
f roue *f* amovible de tête de cheval

K49 *r* колесо *n* зубчатое с нестандартным исходным контуром
e non-standard gear
d Rad *n* mit korrigierter Verzahnung *f*
f roue *f* non-standard

K50 *r* колесо *n* зубчатое со стандартным исходным контуром
e standard gear
d Normalverzahnung *f*
f roue *f* standard

K51 *r* колесо *n* зубчатое солнечное [центральное]

	e	sun gear (-whell)
	d	Mittenrad *n*, Sonnenrad *n*
	f	roue *f* solaire
K52	*r*	колесо *n* зубчатое сопряженное
	e	mate gear, mating gear
	d	Gegenrad *n*
	f	roue *f* conjuguée
K53	*r*	колесо *n* зубчатое со смещением
	e	x-gear, long and short addendum gear
	d	V-Rad *n*, x-Rad *n*, korrigiertes Zahnrad *n*
	f	roue *f* déportée
K54	*r*	колесо *n* зубчатое циклоидное, колесо зубчатое циклоидальное
	e	cycloidal gear
	d	Zykloidenzahnrad *n*
	f	roue *f* cycloïdale
K55	*r*	колесо *n* зубчатое спироидной передачи
	e	spiroid gear
	d	Spiroidrad *n*
	f	roue *f* spiroïdale
K56	*r*	колесо *n* зубчатое цилиндрическое
	e	cylindrical gear
	d	Stirnrad *n*
	f	roue *f* cylindrique
K57	*r*	колесо *n* зубчатое цилиндрическое биэквивалентное
	e	biequivalent cylindrical gear
	d	vertuelles Ersatzstirnrad *n*
	f	roue *f* cylindrique biéquivalente
K58	*r*	колесо *n* зубчатое цилиндрическое косозубое
	e	helical gear
	d	Schrägzahnstirnad *n*, Stirnrad *n* mit schrägen Zähnen *pl*
	f	roue *f* cylindrique hélicodale
K59	*r*	колесо *n* зубчатое цилиндрическое прямозубое
	e	spur gear
	d	Geradstirnrad *n*, Stirnrad *n* mit geraden Zähnen *pl*
	f	roue *f* droite cylindrique
K60	*r*	колесо *n* зубчатое цилиндрическое с криволинейными зубьями
	e	spiral cylindrical gear
	d	Bogenzahnstirnrad *n*
	f	roue *f* cylindrique à denture spirale
K61	*r*	колесо *n* зубчатое цилиндрическое эвольвентное
	e	involute cylindrical gear, involute spur gear
	d	Evolventen-Stirnrad *n*, Evolventenzahnrad *n*
	f	roue *f* cylindrique à développante
K62	*r*	колесо *n* зубчатое цилиндрическое, эквивалентное коническому
	e	virtual cylindrical gear of a bevel gear
	d	ideelles Stirnard *n*
	f	roue *f* (dentée) cylindrique équivalente à celle conique
K63	*r*	колесо *n* зубчатое шевронное
	e	double helical gear (-wheel), herringbone gear (-wheel)
	d	Doppelschrägzahnrad *n*, Pfeilzahnrad *n*, Stirnrad *n* mit Pfeilverzahnung *f*
	f	roue en chevron
K64	*r*	колесо *n* зубчатое эвольвентное
	e	involute gear
	d	Evolventenrad *n*
	f	roue *f* à développante
K65	*r*	колесо *n* зубчатое эквивалентное
	e	equivalent spur gear
	d	Ersatzstirnrad *n*
	f	roue *f* équivalente
K66	*r*	колесо зубчатое эпициклическое [опорное]
	e	ring gear (of a planetary gear train)
	d	Hohlrad (eines Planetengetriebes)
	f	couronne *f* de train planétaire
K67	*r*	колесо *n* зубчатое эталонное
	e	reference gear (-wheel)
	d	Meisterzahnrad *n*
	f	roue *f* étalon
K68	*r*	колесо *n* обкаточное
	e	generating gear
	d	Wälzrad *n*
	f	roue *f* de génération
K69	*r*	колесо *n* храповое
	e	ratchet wheel
	d	Sperrad *n*
	f	roue *f* à rochet
K70	*r*	колесо *n* цевочное
	e	pin-wheel, lantern gear
	d	Zapfenrad *n*
	f	roue *f* à fuseaux
K71	*r*	колесо *n* цевочное цилиндрическое
	e	cylindrical lantern gear
	d	Triebstockrad *n*, Zapfenstirnrad *n*
	f	roue *f* cylindrique à fuseaux
K72	*r*	колесо *n* цилиндрическое косозубое
	e	helical gear
	d	Schrägstirnrad *n*
	f	roue *f* hélicoïdale
K73	*r*	колесо *n* червячное
	e	worm gear, worm wheel
	d	Schneckenrad *n*
	f	roue *f* à vis
K74	*r*	колесо *n* червячное глобоидное
	e	double-enveloping worm gear, globoidal worm gear
	d	Globoidrad *n*
	f	roue *f* à vis globique
K75	*r*	конец *m* зуба (конического ЗК)
	e	end of tooth (of a bevel gear)
	d	Zahnende *n* (des Kegelrades *n*)
	f	extrémité *f* de dent (de roue conique)
K76	*r*	конец *m* зуба внешний
	e	large [outer] end of tooth
	d	starkes [äußeres] Zahnende *n*
	f	extrémité *f* élargie [externe] de dent

K77 *r* конец *m* зуба внутренний
e small [inner] end of tooth
d schwaches [inneres] Zagnende *n*
f extrémité *f* réduite [interne] de dent
K78 *r* контакт *m* [прилегание] зубьев
e gear edge contact
d Zahntragen *n*
f contact *m* d'arête de dent
K79 *r* контакт *m* кромочный (зубьев конических колес)
e edge contact (of a bevel gear teeth)
d Zehenzahntragen *n*, Kantentragen *n*
f contact *m* d'arête (de la roue conique)
K80 *r* контроль *m* кинематической погрешности
e composit error control
d Einflanken-Wälzprüfung *f*
f contrôle *m* d'erreur composée
K81 *r* контроль *m* направления зуба
e hand of helix checking
d Flankenrichtungsprüfung *f*
f contrôle *m* d'hèlice
K82 *r* контроль *m* погрешностей поэлементный
e element error control
d Einzelfehlerprüfung *f*
f contrôle *m* d'erreur par élément
K83 *r* контроль *m* погрешности профиля
e profile form error checking
d Flankenformfehlermessung *f*
f contrôle *m f* d'erreur de profil
K84 *r* контроль *m* профиля
e profile checking
d Flankenformprüfung *f*
f contrôle *m* de profil
K85 *r* контроль *m* радиального биения
e radial run -out checking
d Rundlaufprüfung *f*
f contrôle *m* de faux-rond
K86 *r* контроль *m* цилиндрических ЗК
e spur gear checking
d Stirnradprüfung *f*
f contrôle *m* de roues cylindriques
K87 *r* контроль *m* эвольвенты
e involute checking
d Evolventen-Prüfung *f* contrôle *m* de développante
K88 *r* контур *m* исходный
e rack tooth profile, basic rack
d Bezugszahnstange *f*, Planverzahnung *f*
f crémaillère *f* de référence
K89 *r* контур *m* исходный производящей рейки
e basic rack profile of the tool
d Hobelkammbezugsprofil *n*,
Werkzeug-Bezugsprofil *n*
f tracé *m* de référence de crémaillère génératrice
K90 *r* контур *m* исходный производящий
e counterpart rack profile
d gemeinsames Bezugsprofil *n*
f profil *m* de référence d'outil
K91 *r* контур *m* исходный стандартный
e basic rack tooth profile (standard)
d Bezugsprofil *n*
f profil *m* de référence
K92 *r* конус *m*
e cone, taper
d Konus *m*m Kegel *m*
f cône *m*
K93 *r* конус *m* вершин зубьев
e tip cone, face cone
d Kopfkegel *m*, Kopfkegelmantel *m*
f cône *m* de tête
K94 *r* конус *m* внешний делительный дополнительный
e reference back cone
d auserer Ergänzungs-Teilkegel *m*,
Teil-Rückenkegel *m*
f cône *m* complémentaire externe de référence
K95 *r* конус *m* внутренний делительный дополнительный
e front back cone
d innerer Ergänzungs-Teilkegel *m*
f cône *m* complémentaire interne de référence
K96 *r* конус *m* впадин
e root cone
d Fußkegel *m*
f cône *m* de pied
K97 *r* конус *m* делительный
e reference cone
d Teilkegel *m*
f cône *m* de référence
K98 *r* конус *m* дополнительный внешний
e outer back cone
d äußerer Ergänzungskegel *m*,
Rückenkegel *m*
f cône *m* complémentaire externe
K99 *r* конус *m* дополнительный внутренний
e inner back cone
d innerer Ergänzungskegel *m*
f cône *m* complémentaire interne
K100 *r* конус *m* (конического ЗК) дополнительный
e back cone (of a bevel gear)
d Ergänzungskegel *m* (des Kegelrades *n*)
f cône *m* (de roue conique) complémentaire
K101 *r* конус *m* начальный
e pitch cone
d Wälzkegel *m*
f cône *m* primitif de fonctionnement
K102 *r* конус *m* основной
e base cone
d Grundkegel *m*
f cône *m* de base
K103 *r* конус *m* производящий
e generating cone
d Bezugskegel *m*
f cône *m* de génération

K104 *r* коробка *f* передач
e gear box
d Räderkasten *m*
f boîte *f* d'engrenages
K105 *r* коробка *f* скоростей
e gear box
d Getriebekasten *m*
f boîte *f* de vitesses
K106 *r* коробление *n*
e buckling (along longitudinal direction), warpage (along transverse direction), distortion (defect of cast iron casting)
d Verzug *m*
f flambage *m* (longitudinal), flexion *f* (transversale), distorsion *f* (après trempe)
K107 *r* корпус *m* зубчатого колеса
e gear body
d Zahnradkörper *m*
f boîtier *m* de roue dentée
K108 *r* коэффициент *m* воспринимаемого смещения
e centre distance modification coefficient
d Achsabrückungsfaktor *m*,
Achsverschiebungsfaktor *m*,
Teilkreisabstomdfactor *m*
f coefficient *m* de modification d'entraxe
K109 *r* коэффициент *m* высоты головки зуба (исходного контура)
e addendum factor (in basic rack profile)
d Kopfhöhenfaktor *m* (im Bezugsprofil *n*)
f coefficient *m* de saillie de dent (dans le profil de référence)
K110 *r* коэффициент *m* высоты зуба
e whole depth coefficient
d Zahnhöhenfaktor *m*
f coeffcient *m* d'hauteur de dent
K111 *r* коэффициент *m* изменения межосевого расстояния
e centre distance modification coefficient
d Achsabrückungsfaktor *m*,
Achsverschiebungsfactor *m*,
Teilkreisabstandsfaktor *m*
f coefficient *m* de modification d'entraxe
K112 *r* коэффициент *m* осевого перекрытия
e axial contact ratio, face contact ratio, overlap ratio
d Profilüberdeckungsgrad *n* im Axialschnitt *m*,
Sprungüberdechung *f*, Überdeckungsgrad *m*
f rapport *m* de recouvrement, rapport *m* de contact axial
K113 *r* коэффициент *m* перекрытия общий
e total contact ratio
d Gesamtüberdeckung *f*,
Gesamtüberdeckunsrad *n*
f rapport *m* de conduite total
K114 *r* коэффициент *m* радиального зазора
e clearance coefficient
d Kopfspielfaktor *m*
f coefficient *m* de jeu radial, vide *m* à fond de dent
K115 *r* коэффициент *m* скольжения по профилю зуба
e profile sliding factor
d Faktor *m* für das Profilgleiten *n*
f facteur *m* de glissement sur profil de dent
K116 *r* коэффициент *m* смещения исходного контура
e addendum modification coefficient
d Profilverschiebungsfaktor *m*
f coefficient *m* de déport
K117 *r* коэффициент *m* торцового перекрытия ЗП
e transverse contact ratio, profile contact ratio
d Eingriffsdauer *f*, Profilüberdeckung *f*,
Profilüberdeckungsgrad *n* (im Stirnschnitt *m*)
f rapport *m* de conduite apparent
K118 *r* коэффициент *m* трения
e coefficient of friction
d Reibwert *m*
f coefficient *m* de frottement
K119 *r* коэффициент *m* увеличения скорости
e speed increasing ratio
d Erhöhungsverhältnis *n*
f rapport *m* de multiplication
K120 *r* коэффициент *m* уменьшения скорости
e speed reducing ratio
d Untersetzungsverhältnis *n*
f rapport *m* de réduction
K121 *r* кривая *f* переходная
e (root) fillet curve
d Fußausrundungskurve *f*
f flanc *m* de raccord
K122 *r* кривизна *f* профиля зуба
e profile curvature
d Profilkrümmung *f*
f courbure *f* de profil de dent
K123 *r* кромка *f* зуба продольная
e tip edge
d Kopfkante *f*
f arête *f* longitudinale de dent
K124 *r* круг *m* алмазный шлифовальный
e dish (grinding) wheel
d Teller (schleif) scheibe *f*
f meule *f* diamantée
K125 *r* круг *m* тарельчатый шлифовальный
e diamond granding wheel
d Diamantschleifscheibe *f*
f meule *f* assiette
K126 *r* круг *m* шлифовальный
e grinding wheel
d Schleifkörper *m*
f disque *m* à meuler, meule *f*

(Продолжение следует.)

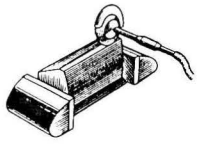
Общемашиностроительные нормативы времени на слесарные работы по ремонту оборудования.

*Продолжение**

Слесарные работы

КАРТА 174

Зачистка заусенцев и притупление острых кромок по контуру
Материал – сталь $\sigma_в$ = 40...60 кг/мм^2, глубина съема 0,5 мм



Содержание работы

1. Взять и установить деталь
2. Взять инструмент
3. Зачистить заусенцы и притупить острые кромки
4. Отложить инструмент
5. Снять и отложить деталь

$T_1 = 0{,}220L^{0{,}28}$; $T_2 = 0{,}187L^{0{,}33}$; $T_3 = 0{,}19L^{0{,}27}$; $T_4 = 0{,}25L^{0{,}26}$

№ позиции	Применяемый инструмент	Вид детали	Вид контура	Длина контура L, мм									
				150	300	400	600	800	1000	1250	2500	3000	4000
				Время T, мин									
1	Напильник	Плоская	Прямолинейный	0,90	1,10	1,18	1,32	1,43	1,52	1,62	1,97	–	–
2			Криволинейный	0,98	1,23	1,35	1,54	1,70	1,83	1,97	2,47	–	–
3	Шлифовальная машина		Прямолинейный	0,74	0,89	0,96	1,07	1,16	1,23	1,30	1,57	1,65	1,78
4			Криволинейный	0,88	1,06	1,14	1,27	1,36	1,45	1,53	1,84	1,92	2,07

Примечание. В зависимости от материала и глубины съема время брать с поправочным коэффициентом.

№ позиции	Глубина съема	Материал				
		Сталь, $\sigma_в$, кг/мм^2			Чугун НВ-220	Медные, алюминиевые сплавы
		до 40	40...60	60...80		
		Коэффициент				
1	0,5	0,9	1,0	1,2	0,8	0,7
2	1,0	1,12	1,25	1,5	1,0	0,9

(Продолжение следует.)

*Начало см. журнал "Сборка в машиностроении, приборостроении", № 8, 11, 12, 2002; № 7–12, 2003; № 1–4, 7–9, 2004; № 2, 5–8, 11, 12, 2005; № 1–12, 2006; № 1, 2, 2007.

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство **"Машиностроение"**, 107076, Москва, Стромынский пер., 4
Учредитель ООО "Издательство Машиностроение – 1".

Адрес электронной почты издательства: **E-mail: mashpubl@mashin.ru**; редакции журнала: **sborka@mashin.ru**
Телефоны редакции журнала: (495) 268-38-42; тел./факс (495) 268-85-26, 269-48-97.

Дизайнер *Погорелова Т.Н.* Технический редактор *Тунталов С.Ю.* Корректоры *Сажина Л.И., Сонюшкина Л.Е.*
Сдано в набор 26.12.06 г. Подписано в печать 20.02.07 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 6,37 (в т. ч. вкл. 0,49). Уч.-изд. л. 9,17 (в т. ч. вкл. 0,75). Заказ 340. Свободная цена.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ОАО "Издательство "Машиностроение".
Отпечатано в Подольской типографии – филиале ОАО "ЧПК", 142110, Подольск, ул. Кирова, д. 15.