

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

СБОРКА



В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ

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

5 2011
(130)

СОДЕРЖАНИЕ

Современные технологии сборки

Безъязычный В.Ф., Непомилуев В.В.	Технология виртуальной сборки	3
Голубев С.В., Павлин В.Н., Колесов В.А.	Изготовление перегрузочных машин для АЭС с реакторами ВВЭР-1000	13
Шуваев В.Г., Папшев В.А., Анкудинов Д.В.	Совершенствование технологии ультразвуковой запрессовки зубков шарошечных долот путем применения режима схватывания	16
Филиппов В.В., Иванов А.В., Булавин И.А., Груздев А.Ю.	Новые технологии, технологическая оснастка и оборудование для сборки редукторов ведущих мостов автомобилей	20

Технологическая оснастка для сборки

Березин С.Я., Щербаков Е.В.	Сборка и демонтаж резьбовых соединений с применением многорежимных вибрационно-активирующих устройств	26
-----------------------------	---	----

Обеспечение качества. Испытания. Контроль

Жданов А.В.	Обеспечение качества сборки роликовинтовых механизмов трения типа	30
-------------	---	----

Разборка. Ремонт

Приходько В.М., Нигметзянов Р.И., Фатюхин Д.С.	Совмещенный процесс ультразвуковой разборки и очистки деталей машин	36
--	---	----

Информация

Иванов А.Н.	Металлургия–Литмаш 2010	41
-------------	-----------------------------------	----

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
Tel.: (499) 268-38-42; тел./факс: 268-85-26. Факс: (499) 269-48-97.

E-mail: sborika@mashin.ru; tsmm@mashin.ru

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "Сборка в машиностроении, приборостроении", допускаются только с разрешения редакции и со ссылкой на источник информации.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

Председатель
редакционного совета
Ф.М. МИТЕНКОВ, академик РАН

Редакционный совет

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

Региональные редсоветы

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

Ответственные за подготовку и выпуск номера:

Л.Д. ПАРШЕНКОВА, И.М. ГЛИКМАН

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

THE MONTHLY
NEWSMAGAZINE
FOR SCIENTISTS
AND MANUFACTURERS

ASSEMBLING



IN MECHANICAL ENGINEERING AND INSTRUMENT-MAKING

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

5 2011
(130)

CONTENTS

Modern technologies in assembly

Bezyazichniy V.F., Nepomiluev V.V. Technology of virtual assembling	3
Golubev S.V., Pavlin V.N., Kolesov V.A. Manufacture of refueling machines for NNPs with VVER-1000 reactors	13
Shubaev V.G., Papshev V.A., Ankoudinov D.V. Technological advancement of rolling cutter bit picks ultrasonic assembling by the use of seizure regime	16
Filippov V.V., Ivanov A.V., Bulavin I.A., Gruzdev A.Yu. New technologies, industrial equipment and the equipment for assemblage of reducers of leading bridges of cars	20

Technological equipment for assembly

Berezin S.Ya., Shcherbakov E.V. Assembly and dismantle of threaded connections with application of multimode vibratsionno-activating devices	26
--	----

Quality assurance. Testing. Monitoring

Zhdanov A.V. Quality assurance issues rolikovintovyh assembly mechanisms of friction type	30
---	----

The dismantling. Repair

Prikhod'ko V.M., Nigmatyanov R.I., Fatyukhin D.S. The combined process of ultrasonic disassembly and clearing of details of machines	36
--	----

Information

Ivanov A.N. Metallurgy – Foundry machins 2010	41
---	----

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

Editors

MOSCOW

VASIL'EV A.S.	MEDAR' A.V.
(Chief editor)	MIKRIN E.A.
VARTANOV M.V.	NAZAROV Yu.F.
DALSKY A.M.	POROSHIN V.V.
GUSEV A.A.	SHANDROV B.V.
ZININA I.N.	SHATILOV A.A.
IVANOV Y.U.L.	KHOLODKOVA A.G.
KOZYREV Y.U.G.	YARKOV G.A.
KUMENKO A.I.	

Regional editors

BELGOROD

PELIPIENKO N.A.

BRIANSK

GORLENKO O.A.

VLADIVOSTOK

KULSHIN Yu.N.

SUPONIA A.A.

KORNENKO V.M.

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

MARJIN B.N.

SCHPORT V.I.

SHPILEV A.M.

NABEREZHNYE CHELNY

DMITRIEV S.V.

KHISAMUTDINOV R.M.

NIZHNY NOVGOROD

GOLUBEV S.V.

OMSK

KOSTIUKOV V.N.

OREL

STEPANOV Yu.S.

KHARLAMOV G.A.

MINSK

BASINJUK V.L.

KHEIFETZ M.L.

GOMEL

STARZHINSKI V.E.

Executive editors of current issue:
PARSHENKOVA L.D., GLIKMAN I.M.

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

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ

УДК 621.757 (031)

В.Ф. Безъязычный, В.В. Непомилуев, д-ра техн. наук (Рыбинская государственная авиационная технологическая академия им. П.А. Соловьева)
E-mail: root@rgata.ru

Технология виртуальной сборки

Изложены основные положения теории виртуальной сборки, методологические основы ее эффективного использования и практической реализации. Рассмотрены проблемы развития технологии виртуальной сборки и примеры ее применения в авиа двигателестроении.

In the article the main fundamentals of virtual assembling, methodological foundations of ones efficient working and practical realization have been given. The application problems, developing of virtual assembling and examples of ones utilization in air engine production have been considered.

Ключевые слова: сборка, сборочные размерные цепи, процесс виртуальной сборки, нежесткие размерные цепи.

Keywords: assembling, assembling dimension chains, virtual assembling process, non-rigid dimension chains.

При использовании традиционных методов сборки процесс суммирования погрешностей составляющих звеньев размерных цепей является случайным, неуправляемым. Это приводит к тому, что все показатели качества сборки также становятся случайными величинами, распределенными каким-либо образом внутри некоторой области. Поэтому для обеспечения высокого качества сборки изделия при использовании этих методов необходимо уменьшать допуски на изготовление его деталей.

Постоянное ужесточение требований экономичности, надежности, безопасности, экологичности выпускаемых изделий ведет к их быстрому конструктивному совершенствованию, сокращению серийности их производства. Это, в свою очередь, вызывает необходимость сведения до минимума времени от разработки нового изделия до начала его серийного производства, значительного снижения себестоимости

его изготовления при одновременном повышении качества. Решение такой задачи традиционными методами уже невозможно, поскольку оно предполагает наличие длительного периода конструктивно-технологической отработки нового изделия, в течение которого происходит не только оценка качества принятых конструкторских и технологических решений и их доработка, но и неизбежное моральное старение самой конструкции.

Оптимальное использование ограниченных ресурсов и жесткая борьба за рынок требуют нового подхода к разработке изделий и технологических процессов их изготовления. Необходимо максимально сократить все потери, связанные с совершенствованием как самого изделия, так и технологии его изготовления на всех этапах проектирования, конструктивно-технологической доработки и, тем более, после начала серийного производства. Мощным средством решения этой сложной задачи могут быть виртуальное производство и испытание нового изделия, осуществляемые в высокоэффективной компьютерной среде виртуальной реальности.

Понятия "виртуальная реальность", "виртуальный мир" и другие подобные им используют уже достаточно давно в связи с бурным развитием компьютерной анимации и различных игр, вызванным быстрым совершенствованием как самих компьютеров, так и компьютерных технологий. Сам же термин "виртуальный" трактуется весьма широко и обозначает достаточно широкий круг понятий.

Так, оксфордский словарь современного английского языка трактует слово "virtual" как "фактический; действующий как нечто реальное, но не существующее в таком виде". В ши-

рекомендуемом смысле под этим термином чаще всего понимают нечто условное, физически не существующее, но, тем не менее, обладающее всеми основными, наиболее существенными в каждом конкретном рассматриваемом случае свойствами какого-либо реального объекта или процесса. Например, текстовый документ, набираемый или редактируемый на компьютере, является виртуальным до распечатки его на принтере, однако обладает всеми практически значимыми для этого процесса свойствами реального документа: его можно хранить, просматривать, редактировать и т.д. Виртуальность этого документа позволяет выполнять все эти операции очень легко, быстро, качественно и с минимальными затратами, не сопоставимыми с аналогичными при работе с реальным документом.

Кроме того, современные текстовые редакторы обладают гигантскими возможностями и очень удобны в работе. Поэтому в области делопроизводства дешевые пишущие машинки уже практически полностью вытеснены работающими с виртуальными документами компьютерами, позволяющими сразу получать реальные документы, — создание и редактирование текстовых документов составляет около 70 % применения современных персональных компьютеров.

Под технологией виртуальной реальности в настоящее время обычно понимают интерактивную технологию, позволяющую создать более или менее полную иллюзию нахождения внутри некоего кажущегося реальным мира,

хотя в действительности этот мир существует только внутри компьютера.

Виртуальную сборку можно представить как процесс, происходящий внутри компьютера (рис. 1), но включающий в себя все основные существенные признаки и явления физически выполняемой сборки реально существующего изделия. В результате осуществления виртуальной сборки внутри компьютера создается виртуальное изделие — адекватная цифровая математическая модель (или набор математических моделей) собранного изделия, учитываяшая все наиболее существенные свойства и процессы, характерные для данного конкретного экземпляра какого-либо реального изделия.

Очевидно, что необходимый и достаточный для создания виртуального изделия набор свойств и процессов, которые должны описывать математические модели изделия, специфичен для разных машин и выявляется путем анализа основных закономерностей функционирования реального изделия. Очевидно также, что зависимости, получаемые с помощью классической теории размерных цепей, не могут служить основой для построения таких моделей.

Виртуальность изделия заключается в программном моделировании необходимых для его функционирования операций. В самом простейшем случае это виртуальное изделие может быть предназначено, например, для определения выходных геометрических (распределение эксцентрикитетов) или физических (распределение дисбалансов) характеристик сборки соответствующего реального изделия в

данном конкретном варианте комплектации его деталей. Однако наличие в компьютере виртуального изделия позволяет ставить, быстро и эффективно решать и значительно более сложные и интересные в практическом или теоретическом отношении задачи.

Так, с полученным виртуальным изделием в компью-



Рис. 1. Виртуальная сборка изделия



терной среде виртуальной реальности в принципе можно очень быстро и с небольшими затратами проводить те же самые действия, что и с реальным, физически существующим изделием, например, виртуальные балансировку, испытание, эксплуатацию. Это позволяет оценивать качество сборки изделия при данном конкретном варианте его комплектации по тем критериям, которые однозначно характеризуют его, но не могут быть обеспечены при использовании традиционной технологии сборки. Тем самым можно избежать потерь информации, что приводит к экономии материальных и энергетических ресурсов.

Технология виртуальной сборки может быть составной частью виртуального производства изделия, начинающегося виртуальным изготовлением деталей и завершающегося виртуальными испытанием и эксплуатацией изделия на различных режимах. Такая технология дает возможность:

- оценивать качество сборки изделия не только с помощью традиционных показателей, но и использовать гораздо более надежные и информативные эксплуатационные показатели, тесно связанные со служебным назначением изделия и не обеспечивающие при обычно используемой технологии сборки;

- оценивать качество самой конструкции изделия, исследуя ее поведение на различных режимах с учетом специфических погрешностей, возникающих на всех этапах ее изготовления;

- обоснованно формулировать требования к качеству изготовления деталей.

Использование компьютера при этом позволяет очень быстро рассмотреть множество вариантов комплектации, конструктивного исполнения или качества изготовления собираемого изделия и выбрать лучший из них, причем по критериям, напрямую связанным с эксплуатационным назначением изделия, например, по величине дисбаланса ротора на рабочих скоростях.

Иными словами, использование технологии виртуальной реальности дает возможность

изготовить детали, собрать из них изделие, определить его необходимые геометрические и физические параметры, провести испытание и уже по его результатам оценить качество данного варианта изготовления машины.

Виртуальность этого процесса и возможность полного осуществления всех его этапов внутри ЭВМ позволяет выполнять все перечисленные выше операции чрезвычайно быстро и с небольшими затратами, не соизмеримыми с затратами на физически выполняемую сборку сложных изделий. Таким образом, виртуальное производство становится эффективным средством конструкторско-технологической подготовки реального серийного производства нового изделия.

В зависимости от конкретных условий технологии виртуальной реальности может осуществляться в разных вариантах, например, в условиях действующего серийного производства (рис. 2). Использование такой технологии в данном случае позволяет провести оптимальную комплектацию каждого конкретного собираемого изделия, рассматривая все имеющиеся на складе детали, и определить оптимальные относительные положения его деталей. Это позволяет резко снизить трудоемкость

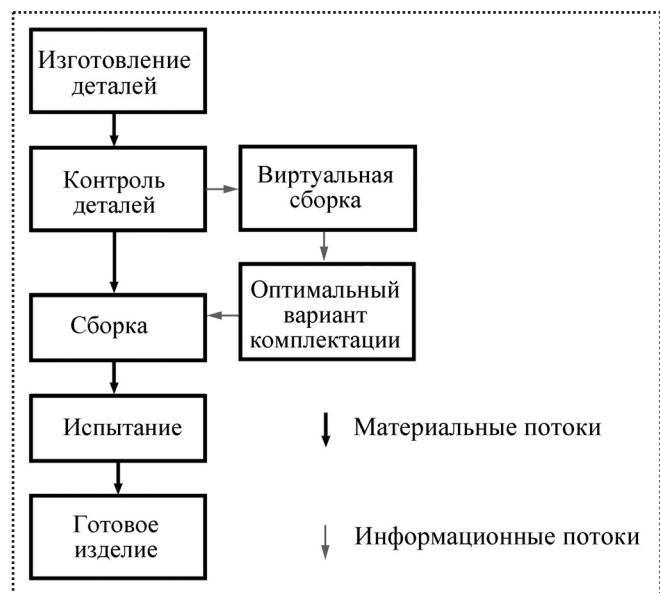


Рис. 2. Использование технологии виртуальной сборки в условиях действующего серийного производства

кость и одновременно повысить качество сборки изделия с использованием метода индивидуального подбора деталей.

Критериями выбора оптимального варианта могут быть как традиционные (например, технологический дисбаланс, биения контрольных поверхностей), так и нетрадиционные (например, действительная форма оси ротора, распределение его локальных статических и моментных дисбалансов) критерии качества сборки. В том случае, если после виртуальной сборки проводят процедуру исключения неудачных вариантов, а затем виртуальное испытание собранного виртуального изделия, в качестве критериев выбора оптимального варианта могут быть использованы и эксплуатационные критерии (например, действительная форма оси, величины и распределение локальных дисбалансов, изгибающих моментов и напряжений на разных режимах работы ротора, нагрузки на опоры, частоты и амплитуды колебаний и др.).

Виртуальную сборку можно осуществлять на стадиях проектирования или конструктив-

но-технологической отработки нового изделия (рис. 3). Использование технологии виртуальной реальности в данном случае позволяет моделировать поведение создаваемой конструкции с учетом всех существенных погрешностей и отклонений, неизбежно получаемых в реальных (уже имеющихся конкретных либо возможных) производственных условиях при изготовлении деталей и сборке спроектированного изделия.

Так, технология виртуальной реальности, учитывающая конкретные геометрические параметры сопрягаемых поверхностей конкретных деталей, дает возможность обоснованного выбора варианта выполнения технологического процесса их изготовления (например, различные методы финишной обработки деталей, обеспечивая одинаковые значения точности их размеров и шероховатости обработанных поверхностей, могут существенно различаться по величинам, стабильности и регулярности волнистости, погрешностей формы и расположения). Это позволяет оценить качество конструктивных решений, принятых при проектировании изделия, научно обосновать требования к технологическому маршруту обработки и качеству изготовления деталей, критериям качества сборки, необходимому количеству деталей одного наименования на сборке, обеспечивающему заданное ее качество при использовании метода индивидуального подбора деталей.

Таким образом, технологии виртуальной реальности позволяют быстро и эффективно решать самые сложные и актуальные вопросы современной технологии машиностроения на всех стадиях создания нового изделия.

Виртуальное испытание изделия (на примере ротора ГТД)

Имеющиеся математические модели гибкого ротора могут быть использованы для его виртуального испытания, по результатам которого можно с достаточной точностью определить координаты, силы и моменты в любой точке ротора в данный момент времени; можно анализировать поведение данного конкретного



Рис. 3. Использование технологии виртуальной сборки на стадии создания нового изделия и доводки технологии его изготовления



ротора в динамике – находить величины и направления векторов наведенных дисбалансов при разных скоростях вращения ротора и виртуально уравновешивать его таким образом, чтобы ликвидировать дисбаланс именно на рабочих частотах. Это дает возможность расчетным путем определить величины и места расположения балансировочных грузов в принятых плоскостях коррекции, обеспечивающих ликвидацию начальных дисбалансов для данного конкретного изделия.

В такой постановке проблема балансировки гибких роторов может быть решена в общем виде (улучшение общего динамического состояния изделия), поскольку возможно нахождение оптимального для каждой конкретной конструкции ротора количества и расположения плоскостей коррекции с учетом качества изготовления его деталей.

Совмещение виртуальных сборки и испытания позволяет использовать конструкторские критерии для оценки качества сборки и таким образом избежать потерь информации. Это дает возможность обеспечивать при сборке изделия более надежные и важные показатели (по сравнению с обычно используемыми допустимыми величинами суммарного начального дисбаланса или биений контрольных поверхностей ротора), непосредственно определяющие его эксплуатационные качества, например:

- минимум статического начального дисбаланса, а не просто допустимую величину;
- минимум моментного начального дисбаланса;
- минимум величины биения;
- заданный закон распределения дисбалансов по длине ротора;
- заданную форму реальной оси ротора;
- требуемый характер поведения данного ротора в эксплуатационных условиях.

Все перечисленные выше критерии качества сборки существенно влияют на работоспособность собранного ротора, однако они, в основном, не зависят друг от друга. Поэтому случай, когда все они будут иметь оптимальные для работоспособности ротора значения,

маловероятен. Поскольку нельзя достичь экстремальных значений одновременно для всех критериев, необходимо оценить качество сборки каким-либо комплексным критерием. Для ротора ГТД в качестве такого критерия может быть использовано условное суммарное качество изделия. Этот критерий должен учитывать и тот факт, что работоспособность ротора зависит от перечисленных выше критериев в разной степени.

Исходя из этого, условное суммарное качество собранного виртуального изделия можно определить следующим образом:

$$P_{\Sigma} = a_1 \bar{P}_1 + a_2 \bar{P}_2 + \dots + a_m \bar{P}_m = \sum_{k=1}^m a_k \bar{P}_k, \quad (1)$$

где a_1, a_2, \dots, a_k – назначаемые конструктором весовые коэффициенты, отражающие удельный вес каждого k -го показателя качества в общем уровне показателя качества виртуального изделия;

$\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_k$ – преобразованные безразмерные показатели качества, показывающие величины их отклонений от оптимальных значений:

$$\bar{P}_k = \frac{P_k}{P_{k \text{ opt}}}, \quad (2)$$

где $P_{k \text{ opt}}$ – оптимальная величина k -го показателя качества;

m – количество нормируемых показателей качества изделия.

Методологические основы эффективного использования технологии виртуальной сборки

Виртуальную сборку следует рассматривать как детерминированный процесс, поскольку для каждого варианта ее выполнения должна существовать однозначная взаимосвязь входных и выходных характеристик собираемого изделия.

В общем случае уравнения нежестких размерных цепей должны быть нелинейными,



поскольку нелинейными являются многие процессы, вызывающие изменение их замыкающего звена: силовые и тепловые деформации деталей, изменение их размеров и структурно-фазового состояния.

В процессе моделирования существуют три объекта исследования:

- реальная или проектируемая система;
- математическая модель системы;
- машинная (алгоритмическая) модель системы.

В соответствии с этим возникают следующие основные задачи:

- построение математической модели;
- преобразование ее в машинную модель;
- программная реализация последней.

При реализации процесса виртуальной сборки изделия на компьютере возможны два пути:

- полный перебор всех возможных вариантов относительного расположения деталей собираемого изделия и выбор наилучшего из них;
- реализация одного из методов направленного или случайного поиска экстремума.

Оба имеют свои достоинства и недостатки. Первый значительно точнее и надежнее, что объясняется несколькими причинами:

- корректно оценить результат сборки (виртуальной или физической) сложного изделия можно только после ее окончания, т.е. любой метод, кроме полного перебора, будет всегда неточен принципиально;
- все параметры качества сборки ротора ГТД зависят от комплекса независимых погрешностей, получаемых при изготовлении деталей (погрешности размеров, геометрической формы и расположения поверхностей, неоднородность материала, погрешности балансировки и др.);
- любой метод направленного поиска экстремума имеет специфические погрешности.

Основным недостатком метода полного перебора является его высокая трудоемкость, которая, однако, может быть сокращена как за счет совершенствования программно-матема-

тического обеспечения, так и путем применения многопроцессорных вычислительных систем.

Например, процесс оптимизации комплектации ротора ГТД и относительного расположения его деталей в серийном производстве можно выполнять в несколько этапов:

- проводят виртуальную сборку с полным перебором всех вариантов соединения для всех имеющихся на складе деталей по упрощенной методике расчета без учета отклонений формы и деформаций их базовых поверхностей. По результатам расчетов определяют оптимальные комплекты собираемых деталей;
- для подобранных комплектов проводят виртуальную сборку с оптимизацией относительного положения их деталей методом полного перебора с учетом всех существенных геометрических факторов, но без учета сборочных деформаций. По результатам этих расчетов выбирают небольшое количество "хороших" вариантов виртуального изделия;
- для выбранных вариантов проводят уточняющий расчет с учетом сборочных деформаций деталей и находят все характеристики, необходимые для проведения виртуального испытания данного конкретного варианта изделия;
- проводят виртуальное испытание, по результатам которого окончательно определяют оптимальный вариант сборки изделия.

Для практической реализации технологии виртуальной реальности применительно к сборке роторов ГТД необходимо решение следующих задач:

- математическое моделирование процесса формирования качества изделия при сборке с целью создания адекватных математических моделей собираемого изделия. Использование классической теории размерных цепей в данном случае совершенно неприемлемо, поскольку она не учитывает ряда факторов, существенно влияющих на величину замыкающего звена ротора ГТД. Поэтому необходима разработка теории нежестких размерных



цепей и получение на ее основе адекватных математических моделей;

- теоретическое и экспериментальное исследование зависимостей между технологическими условиями сборки и качеством изделия;
- разработка методик оптимизации, адаптивного управления и оперативной диагностики технологических процессов сборки с целью обеспечения требуемого качества собираемого изделия.

Основные вопросы практической реализации технологии виртуальной сборки

Сущность предлагаемой новой технологии сборки заключается в следующем. Предварительно проводят 100%-ный контроль всех поступающих на сборку деталей роторного пакета (валов, дисков, проставочных и трактовых колец и др.), при этом определяют все необходимые для последующего расчета параметры. Полученную информацию заносят в базу данных в память ЭВМ, причем весь этот процесс может осуществляться автоматически без участия оператора (в том случае, если контрольное оборудование позволяет получать информацию о геометрических параметрах деталей в виде файлов).

После этого для всех имеющихся в базе данных деталей ЭВМ проводит виртуальную сборку изделия, рассматривая по изложенной выше методике все возможные варианты комплектации и относительного расположения деталей, определяет требуемые выходные геометрические (например, эксцентрикитеты) и физические (например, дисбалансы) параметры качества сборки для каждого варианта, затем выбирает из них те, которые удовлетворяют заданным ограничениям.

Затем проводится виртуальное испытание удовлетворяющих заданным ограничениям нескольких "хороших" вариантов изделия и определяются их эксплуатационные характеристики. На последнем этапе выбирается наилучший по заданным критериям вариант, поскольку при сборке роторов ГТД обычно требуется

обеспечить сразу несколько выходных параметров. Полученные в итоге сочетания деталей и их относительного положения будут оптимальными для рассмотренного комплекта деталей. Таким образом проводится оптимальная комплектация собираемого изделия на ЭВМ.

В заключение для полученного оптимального варианта изделия рассчитываются положения контрольных точек друг относительно друга, что необходимо для управления ходом технологического процесса сборки реального изделия. В цех на рабочее место сборщиков поступает уже подобранный комплект деталей (либо номера конкретных деталей, которые необходимо получить на складе), подлежащих сборке, с указанием их относительного положения в собираемом изделии, а также расположения контрольных точек, которое необходимо обеспечить при сборке изделия.

Математические модели, используемые для виртуальной сборки и комплектации на ЭВМ, должны быть достаточно точными, надежными и учитывать все факторы, существенно влияющие на точность сборки: действительные размеры, шероховатость, волнистость, макроотклонения, состояние поверхностного слоя, сборочные силы, деформации и пр.

Применение технологии виртуальной сборки даст возможность таким образом подобрать собираемые детали и их относительное положение, чтобы они в максимально возможной степени взаимно компенсировали погрешности изготовления друг друга. Увеличение трудоемкости комплектации при использовании современной высокопроизводительной контрольной и вычислительной техники будет неизначительным. Применение такой технологии позволит избежать чрезвычайно трудоемкой и непроизводительной повторной сборки и таким образом резко (в несколько раз) снизить трудоемкость и себестоимость сборки высокоточных изделий, а также существенно сократить время на освоение нового изделия в серийном производстве.

Новая технология сборки, основанная на надежных математических моделях реальных



нежестких размерных цепей и управляемом суммировании погрешностей сопрягаемых деталей, является одним из способов реализации возможностей и преимуществ технологии виртуального производства. Использование такой технологии на стадиях изготовления и проектирования роторов ГТД и других высокоточных изделий современного машиностроения дает возможность:

- проводить размерный анализ нежестких сборочных размерных цепей, определять действительное положение исполнительных поверхностей деталей при сборке и прогнозировать поведение изделия в процессе эксплуатации в различных условиях;
- организовать одноразовую бездоводочную сборку роторов ГТД;
- создать предпосылки частичной автоматизации сборочного процесса в серийном производстве ГТД;
- в полной мере реализовать основное преимущество метода индивидуального подбора: возможность управления процессом суммирования погрешностей изготовления собираемых деталей;
- свести к приемлемому минимуму основной недостаток этого метода — очень высокую трудоемкость;
- расширить области применения метода индивидуального подбора деталей;
- в несколько раз повысить качество, в том числе и точность, изготовления машины, не повышая требований к деталям и сборочному оборудованию, внося минимальные изменения в уже существующую технологию и организацию сборочного процесса;
- снизить себестоимость и повысить производительность сборки высокоточных машин;
- уменьшить сроки создания новых, конкурентоспособных на международном рынке изделий машиностроения и освоения их в серийном производстве.

Для практического использования этой технологии не потребуется больших капитальных затрат, так как все изменения будут касаться, в основном, только организационной стороны

процесса сборки, а необходимости в дорогостоящем контрольном или сборочном оборудовании нет.

Основные проблемы применения и развития технологии виртуальной сборки в авиадвигателестроении

Известно, что цель любой технологии — получение конечного продукта требуемого качества в установленном производственной программой количестве и в заданные сроки при наименьших затратах живого и овеществленного труда. Технология виртуальной сборки связана с получением, обработкой и эффективным использованием информации и также направлена на получение реального конечного продукта, удовлетворяющего заданным требованиям. Поэтому аналогично можно сформулировать и цель технологии виртуальной сборки — максимально эффективное и полное использование информационного ресурса с целью обеспечения получения годного изделия требуемого качества в установленном производственной программой количестве и в заданные сроки при наименьших затратах дорогостоящих материального и энергетического ресурсов.

Виртуальная сборка позволяет полностью или в значительной степени избежать потерь информации о точности, поскольку ее результат можно оценивать по любым, в том числе конструкторским и эксплуатационным критериям. Используемая в настоящее время при сборке роторов ГТД технология обеспечивает допустимые величины статических технологических дисбалансов в роторных пакетах. Однако технология виртуальной сборки позволяет при создании виртуального изделия учитывать и моментные технологические дисбалансы.

Виртуальная сборка позволяет реализовать основное преимущество метода достижения требуемой точности сборки путем индивидуального подбора деталей — значительное повышение качества сборки за счет управления процессом формирования погрешностей изделия без увеличения требований к качеству изготовления деталей, а также избежать недостатков



этого метода, связанных с его высокой трудоемкостью и неполным использованием всех возможностей при эмпирическом подборе вручную.

Даже в самом неблагоприятном случае – при недостаточной точности и надежности используемых математических моделей или программно-математического обеспечения технология виртуальной сборки позволяет значительно снизить трудоемкость сборки за счет исключения наиболее неблагоприятных вариантов.

Недостатки этой технологии связаны с некоторыми недостатками самого метода индивидуального подбора (потеря собранными изделиями свойства взаимозаменяемости деталей) и являются специфическими (повышение трудоемкости контроля деталей и комплектации). Однако они не слишком большие.

Так, требование сохранения взаимозаменяемости деталей далеко не всегда существенно для многих изделий, собираемых с использованием метода индивидуального подбора. Например, диски, валы, кольца и другие детали ротора авиационного ГТД, определяющие при сборке реальную форму его оси, как правило, не заменяются в процессе ремонта двигателя, а служат весь срок его эксплуатации. Невзаимозаменяемы и многие детали большинства премиум-изделий, например, детали плунжерных пар топливной аппаратуры. В то же время большинство машин при эксплуатации претерпевают столь существенные изменения, что при ремонте с заменой наиболее точных деталей новые детали все равно приходится подбирать, пригонять или регулировать по месту, даже при изготовлении машины по принципу полной взаимозаменяемости.

Для практического использования предлагаемой технологии виртуальной сборки необходимо иметь методики и оборудование, позволяющие достаточно точно и надежно определять требуемые для расчета величины погрешностей сборки по результатам контроля собираемых деталей.

Для контроля деталей в условиях серийного производства вместо дорогих универсальных

измерительных машин можно использовать либо специальные достаточно простые, универсальные и дешевые контрольные приспособления, либо существующее контрольное оборудование при его минимальной модернизации (поскольку в настоящее время все ответственные детали ГТД в обязательном порядке подвергаются 100%-ному контролю с заполнением паспорта или контрольной карты на каждую деталь).

Таким образом, информация о действительных размерах собираемых деталей в производстве уже имеется, однако при существующей технологии сборки она используется совершенно недостаточно. С целью эффективного ее применения и уменьшения трудоемкости виртуальной сборки результаты контроля реальных деталей необходимо представлять в электронном виде, т.е. в виде файла, который можно передавать либо на диске, либо по компьютерной сети сборочного цеха (при ее наличии) и хранить на жестком диске компьютера.

Известно, что широкое применение информационных технологий на всех стадиях подготовки производства приводит к кардинальному изменению среды создания и формы представления технической информации. Конструкторско-технологическая документация все в большей степени сокращается в среде интегрированных CAD/CAM систем автоматизированного конструирования и производства. При этом интенсивно изменяются носители основной информации об объектах проектирования, изготовления и эксплуатации – от бумажного чертежа переходят к геометрической модели объекта, а затем (при CALS-технологии) – к информационной модели изделия на всех стадиях его жизненного цикла, представляющей и передаваемой при документообороте в электронном виде.

Основная причина таких изменений – резкое повышение производительности труда конструктора и технолога при работе с CAD/CAM системами. Дополнительные возможности открывает применение электронно-



го документооборота с автоматизацией процессов получения информации. С этой точки зрения технология виртуальной реальности хорошо соответствует требованиям CAD/CAM систем.

Поскольку детали после изготовления постоянно претерпевают изменения размеров и формы, непосредственно перед сборкой их необходимо контролировать для уменьшения влияния этих изменений.

Практически все наиболее трудоемкие расчеты на ЭВМ, связанные с реализацией технологии виртуальной сборки в производственных условиях, могут при наличии соответствующего программного обеспечения проходить без участия оператора (оно требуется только для запуска программы). Поэтому трудоемкость комплектации ротора на ЭВМ в любом случае ничтожно мала по сравнению с трудоемкостью физически выполняемой сборки ротора ГТД даже при использовании для расчетов широко распространенных "офисно-бытовых" персональных компьютеров с достаточно скромными возможностями, и даже если она занимает несколько часов машинного времени.

К тому же стоимость таких компьютеров не превышает 500–800 долларов США, что также вполне приемлемо и не превышает себестоимости традиционной сборки одного экземпляра авиационного ГТД. При этом все работы по комплектации и подбору оптимального относительного положения деталей ротора могут быть выполнены инженером-технологом в

технологическом отделе сборочного цеха, т.е. нет необходимости ни в дополнительном персонале (комплектовщике), ни в размещении вычислительной техники непосредственно на рабочем месте в сборочном цехе.

Основные задачи, которые необходимо решить для реализации технологии виртуальной сборки, состоят в разработке:

- способов математического описания контактирующих поверхностей собираемых деталей;
- математических моделей контактирования реальных поверхностей собираемых деталей;
- математических моделей процесса формирования замыкающего звена размерной цепи с учетом изменения размеров составляющих звеньев;
- способов регулирования нежестких размерных цепей и их исследований;
- методик, позволяющих научно обоснованно назначать требования к качеству изготовления деталей;
- технологического обеспечения заданных требований к качеству контактирующих поверхностей;
- программного обеспечения для ЭВМ;
- новой технологии сборки, основанной на управляемом суммировании действительных погрешностей сопрягаемых деталей.

Необходима также экспериментальная проверка новой технологии в производственных условиях и, если нужно, ее доработка.

(Продолжение следует)



УДК 621.039.533

С.В. Голубев, В.Н. Павлин, В.А. Колесов (ОАО "ОКБМ Африкантов")
E-mail: pavlin@okbm.nnov.ru

Изготовление перегрузочных машин для АЭС с реакторами ВВЭР-1000

Рассмотрены общие вопросы сборки перегрузочных машин для атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000 в условиях ОАО "ОКБМ Африкантов".

The paper considers general issues of assembling of refueling machines for nuclear power plants with VVER-1000 reactors under JSC "Afrikantov OKBM" conditions.

Ключевые слова: сборка, перегрузочная машина, АЭС.

Keywords: assembling, refueling machine, NPP.

В современной России найдется не много предприятий, способных обеспечить полный цикл изготовления крупногабаритных изделий высокой точности для атомной энергетики. Одно из таких предприятий – ОАО "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения имени И.И. Африкантова" (ОАО "ОКБМ Африкантов", предприятие Госкорпорации "Росатом"), крупный научно-производственный центр атомного машиностроения, располагающий многопрофильным коллективом, собственной исследовательской, экспериментальной и производственной базой.

В течение последних трех лет ОАО "ОКБМ Африкантов", совместно с ЗАО "Диаконт" (Санкт-Петербург) и ОАО "Атомспецсервис" (г. Волгодонск) освоило серийное изготовление перегрузочных машин (рис. 1, см. 4-ю с. обл.), являющихся элементами системы обращения с ядерным топливом АЭС с реакторами ВВЭР-1000.

В настоящее время успешно изготовлены, испытаны и отправлены заказчику перегрузочные машины для второго энергоблока Ростовской АЭС (рис. 2, см. 4-ю с. обл.) и четвертого

энергоблока Калининской АЭС, в процессе изготовления машина для третьего энергоблока Ростовской АЭС. В рамках модернизации перегрузочной машины для блока № 5 Нововоронежской АЭС изготовлены ее основные механизмы.

Данная перегрузочная машина предназначена для выполнения транспортно-технологических операций, связанных с перегрузкой топлива активной зоны. Новейшая двухканальная система управления обеспечивает работу одновременно нескольких исполнительных механизмов от надежных и высокоскоростных приводов, за счет чего сокращается общее время перегрузки реактора. Кроме основных функций машина может выполнять проверку герметичности кассет в процессе их транспортировки, осуществлять подъем упавшей кассеты, контролировать ее установку, обеспечивать ряд других оригинальных операций.

Большая масса не только изделия в целом (≈ 65 т), но и его составных частей (рис. 3), внушительные габариты, а также необходимая высокая точность, делают технологию изготовления, испытаний и монтажа перегрузочной машины уникальной.

Для выполнения сборочных операций и проведения приемо-сдаточных испытаний перегрузочной машины специалистами ОАО "ОКБМ Африкантов" был разработан, изготовлен и смонтирован полномасштабный стенд (рис. 4) высотой более 20 м, позволяющий полностью имитировать работу изделия в штатных режимах.

В состав стenda входят рельсовые пути, благодаря чему облегчается выполнение контрольной выкладки изделия за счет того, что нет необходимости при каждой сборке монти-

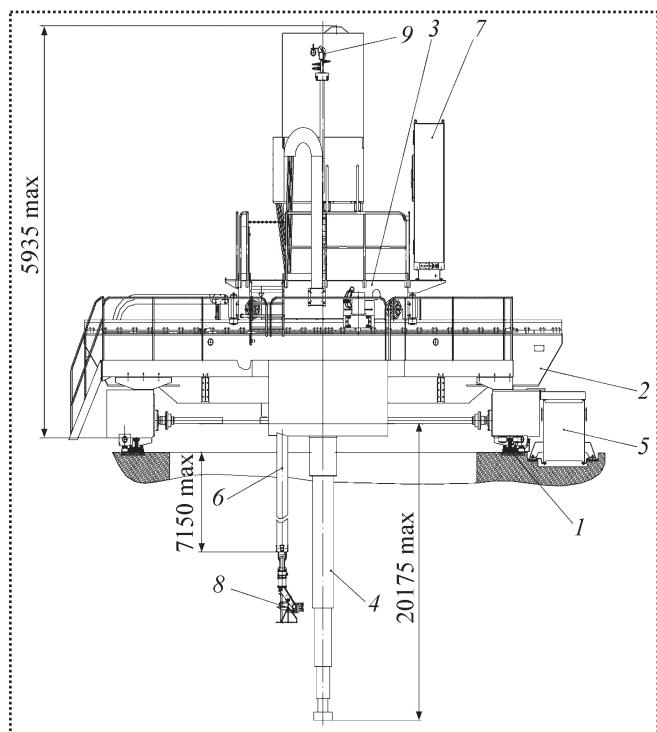


Рис. 3. Общий вид перегрузочной машины:
1 – рельсовый путь; 2 – мост; 3 – тележка; 4 – рабочая штанга; 5 – токоподвод моста; 6 – телевизионная штанга; 7 – система контроля герметичности оболочек; 8, 9 – телевизионные системы

ровать с высокой точностью штатные рельсы. Для обеспечения безопасности работ и наибольшего удобства процесса сборки максимально возможное количество операций по сборке узлов перегрузочной машины выполняется на "нулевой отметке" и лишь после этого составные части поднимаются на стенд для монтажа в составе изделия.

Наибольший интерес с точки зрения процесса сборки представляют изготовленные с высокой точностью комплектующие перегрузочной машины: телевизионная штанга и чехол кластера. Телевизионная штанга (рис. 5) в составе перегрузочной машины предназначена для вертикального перемещения и выхода на заданную координату, а также для установки устройства для осмотра гнезд и размещения аппаратуры передающей стороны. Она позволяет обеспечивать подмотку камерного кабеля с помощью барабана, размещенного на раме привода подъема.

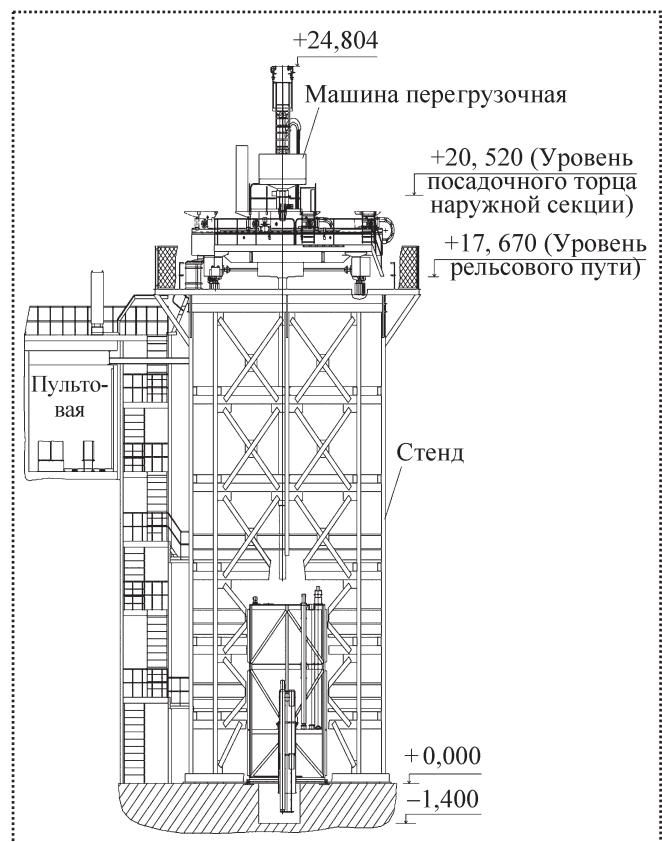


Рис. 4. Стенд для сборки и испытаний перегрузочной машины

Залогом успешного процесса сборки является качественное изготовление составных частей изделия. Наиболее ответственные и сложные в изготовлении элементы штанги – наружная и внутренняя секции, которые в процессе изготовления могут подвергаться значительным деформациям (изгибу и кручению) за счет своих внушительных размеров при небольшой толщине стенки и выполненных по всей длине многочисленных сквозных окон. В процессе работы изделия внутренняя секция должна перемещаться по направляющим наружной секции, перемещая без скачков и заеданий телевизионную камеру, что может быть выполнено лишь при обеспечении прямолинейности этих элементов.

Специалистами предприятия отработана технология правки исходных заготовок (труб), механической обработки и сборки секций телевизионной штанги, обеспечивающая прямолиней-

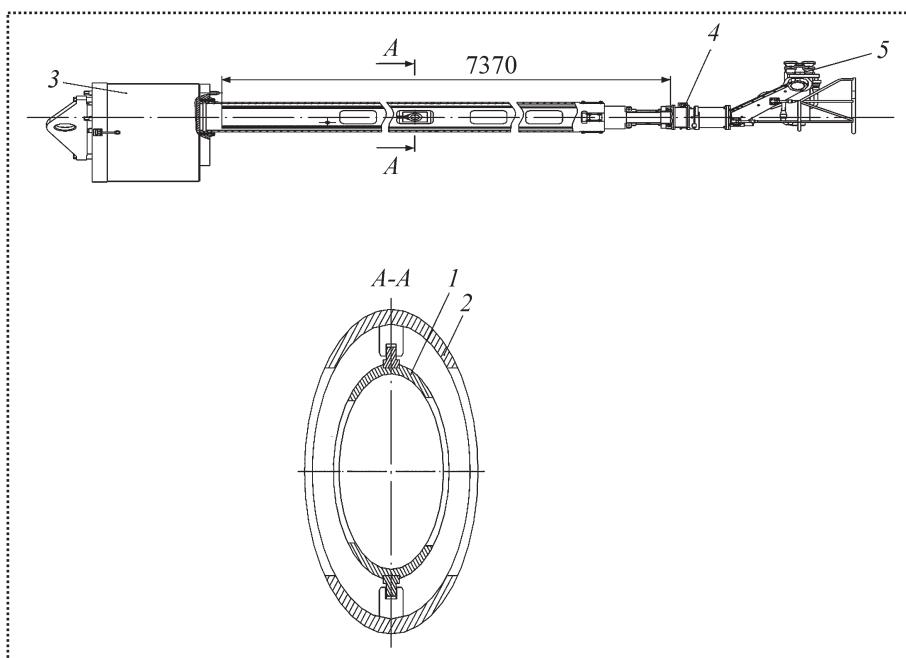


Рис. 5. Телевизионная штанга:

1 и 2 – внутренняя и наружная секции; 3 – привод; 4 – стыковочный узел; 5 – телевизионная камера

ность изделия на всех этапах технологического процесса. Для механической обработки, сборки и сварки, а также всех межоперационных перемещений используются приспособления-ложементы, конструкция которых позволяет минимизировать деформации изделия, а схема обработки окон секций "уравновешивает" деформации в процессе съема металла.

Сборку телевизионной штанги (общая масса 1350 кг) осуществляют на стенде в вертикальном положении. Для этого наружную секцию кантуют совместно с ложементом, крепят к металлоконструкциям хомутами, после чего ложемент отводят. Таким же образом кантуют внутреннюю секцию и устанавливают в направляющие наружной секции с помощью зацепа, на верхнем уровне устанавливают привод, а на нижнем – телевизионную камеру. После сборки изделие испытывают на работоспособность и плавность хода.

Практика показала, что внедренный в производство технологический процесс изготовления телевизионной штанги позволяет стablyно

получать сложное в изготовлении изделие с гарантированным высоким уровнем качества.

Чехол кластера (рис. 6) в составе перегруженной машины обеспечивает его установку на тепловыделяющую сборку и в гнездо хранения, исключает возможность выпадения кластера из чехла при транспортировании.

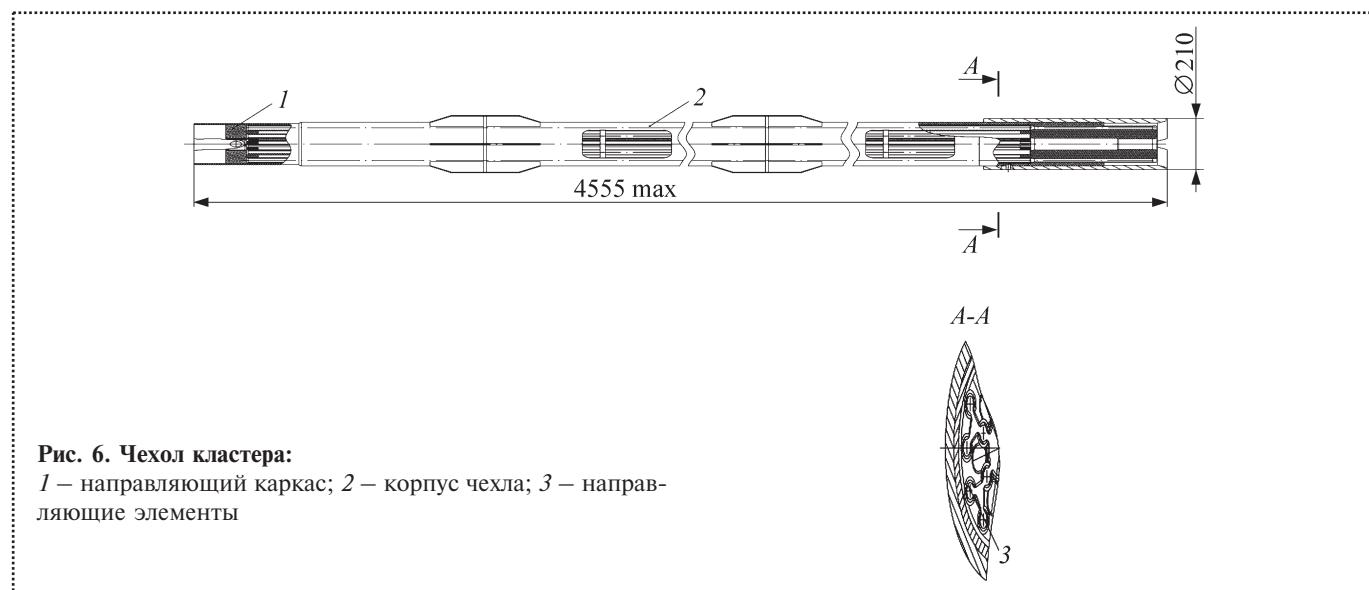


Рис. 6. Чехол кластера:

1 – направляющий каркас; 2 – корпус чехла; 3 – направляющие элементы



Основной и наиболее сложный в изготовлении элемент чехла кластера – направляющий каркас. Он представляет собой ряды дистанционирующих решеток, соединенных между собой направляющими элементами (см. рис. 6) с помощью сварки, при этом жесткость конструкции очень низка. Учитывая это, все манипуляции с изделием выполняют в разработанном сборочно-сварочном приспособлении. Сварку выполняют по схеме, которая позволяет исключить деформации, а в процессе сборки изделие постоянно контролируют "на проходимость" специальными калибрами.



УДК 621.757:62-752

В.Г. Шуваев, канд. техн. наук, В.А. Папшев, канд. биолог. наук, Д.В. Анкудинов, аспирант
(Самарский государственный технический университет)
E-mail: pva_samara@mail.ru

Совершенствование технологии ультразвуковой запрессовки зубков шарошечных долот путем применения режима схватывания

Рассмотрены вопросы повышения эффективности применения ультразвуковых колебаний при сборке соединений с натягом за счет использования дополнительных колебательных воздействий как для снижения трения при запрессовке, так и для повышения прочности соединения путем формирования режима схватывания на заключительном этапе процесса запрессовки зубков шарошечных долот.

The article deals with the issues of ultrasonic vibration application efficiency upgrading when pressure coupling assembling by additional vibrational impact both for friction reduction while assembling and joint hardening by forming seizure regime at the final stage of rolling cutter bit picks assembling.

Ключевые слова: сборка, ультразвуковые колебания, трение, режим схватывания.

Keywords: assembling, ultrasonic vibration, friction, seizure regime.

Эффективность и долговечность буровых долот во многом определяются надежностью крепления породоразрушающих элементов, в

Сборку чехла кластера осуществляют в приспособлении с применением установочных шаблонов и контрольных калибров, что позволяет обеспечить высокую точность готового изделия.

Многолетний опыт изготовления изделий для атомной энергетики, отработанная технология, квалифицированный персонал, а также постоянно обновляющийся парк современного металлорежущего оборудования позволяют ОАО "ОКБМ Африкантов" обеспечивать отечественные и зарубежные АЭС качественным и надежным оборудованием.



качестве которых применяют твердосплавные зубки, запрессовываемые в отверстия на корпусе шарошки. Возникающие в процессе сборки деталей контактные связи, с одной стороны, зависят от силовых и точностных параметров самого технологического процесса соединения деталей, а с другой – они формируют эксплуатационные показатели собранных узлов. Несущую способность (прочность) цилиндрических соединений с натягом в осевом направлении ориентировочно оценивают по формуле (1)

$$F = \pi d L p f, \quad (1)$$

где p – давление на поверхности контакта;

d, L – номинальный диаметр и длина соединения;

f – коэффициент трения (сцепления) при осевом сдвиге.

При перекатывании подвижно закрепленных на цапфах лап шарошек по поверхности



забоя выступающие рабочие головки твердосплавных зубков создают сжимающе-скользящие нагрузки и разрушают породу. Отклонения величин натягов запрессованных зубков от номинальных приводят к преждевременному разрушению буровых долот и существенному снижению эффективности бурения.

В случае недостаточного натяга снижаются усилия запрессовки вследствие уменьшения сил трения, тем самым снижая общее напряженно-деформированное состояние в корпусе шарошки, однако после большого числа знакопеременных циклов нагружения при воздействии на породу возможен вылет зубков из тела шарошки, что приводит к снижению эффективности бурения.

При избыточном натяге усилия запрессовки, силы трения и прочность соединения существенно возрастают, но в процессе запрессовки в теле шарошки вокруг зубка возникают микротрешины, развивающиеся в ходе бурения в макротрешины, приводящие к преждевременному аварийному выходу долота из строя.

Таким образом, существуют противоречивые требования к силам трения: при проведении процесса запрессовки они должны быть минимальны, а после формирования соединения для обеспечения его прочности — максимальными.

Указанные противоречия можно в некоторой степени разрешить, используя особенности воздействия ультразвуковых колебаний при сборке соединений с натягом. Ультразвуковые колебания малой амплитуды позволяют интенсифицировать сборочный процесс, что обусловлено рядом специфических особенностей, к которым относятся значительное снижение сил сопротивления (трения) при сборке, самоцентрирование деталей, повышение эксплуатационных характеристик соединений путем направленного воздействия на формируемые характеристики контактирующих поверхностей.

При одном и том же усилии ультразвуковые колебания позволяют получать большую абсо-

лютную деформацию, чем при обычном нагружении, а эквивалентные деформации достигаются при значительно меньших усилиях деформирования. Введение ультразвуковых колебаний сопровождается уменьшением нагрузок на технологическое прессовое оборудование и снижением энергетических затрат при улучшении несущей способности соединений [1, 2].

Направленное введение в зону силового контактного взаимодействия деталей дополнительной ультразвуковой энергии приводит к интенсивному разрушению окисных пленок и образованию вследствие этого в зоне трения ювенильных поверхностей (участков чистого металла), физического контакта деталей и возникновению схватывания. Схватыванию в значительной степени способствует малая амплитуда и возвратно-поступательный характер колебаний трущихся поверхностей.

Одновременно в зависимости от направления колебаний в узлах схватывания возникают пропорциональные амплитуде колебаний циклические или сдвиговые напряжения и деформации, способствующие усталостному разрушению интерметаллических связей и уменьшению сил трения. В ювенильных зонах происходит химическое схватывание материалов соединяемых деталей, а в условиях ультразвуковых колебаний — микросварка, что значительно повышает прочность соединения [3].

С учетом вышеперечисленных особенностей воздействия ультразвуковых колебаний при сборке был разработан способ запрессовки твердосплавных зубков в корпус шарошки бурового долота [4] с введением ультразвуковых колебаний в формируемое соединение для снижения трения в процессе запрессовки, включающий режим выдержки после достижения деталями требуемого положения.

На рис. 1 показана автоматизированная система для проведения исследований процессов ультразвуковой сборки, оснащенная персональным компьютером для фиксации и обработки основных параметров процесса [5].

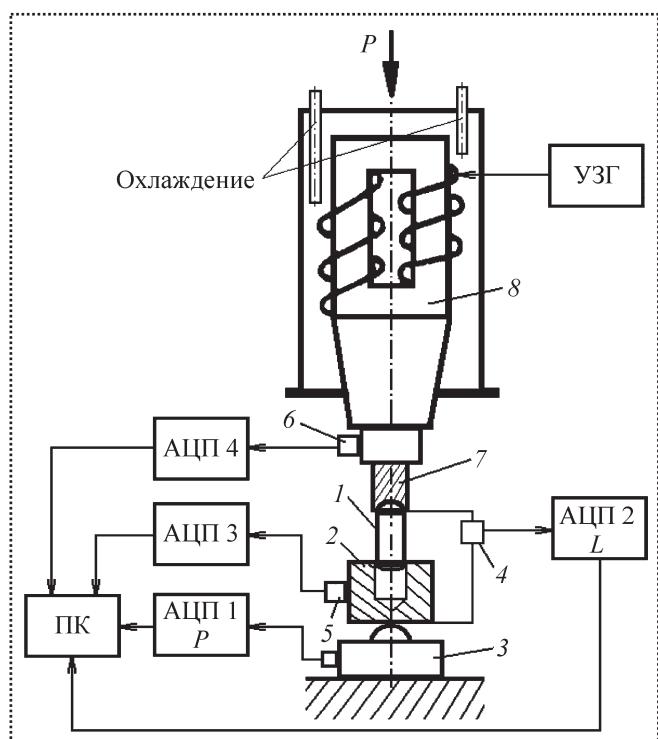


Рис. 1. Автоматизированная система исследования процессов ультразвуковой сборки

Соединяемые детали 1 (зубок) и 2 (шарошка) устанавливают на сборочной позиции до совпадения их осей. Это положение жестко фиксируется шарошкой 2. С помощью штока гидроцилиндра (на рисунке не показан) через магнитострикционный преобразователь 8 и концентратор колебательной энергии 7 к соединяемым деталям прикладывают сборочное усилие и одновременно с помощью генератора УЗГ электрических колебаний и магнитострикционного преобразователя в собираемых деталях возбуждают упругие ультразвуковые колебания. В процессе запрессовки непрерывно с помощью силоизмерительного датчика 3 и датчика перемещения 4 через аналого-цифровые преобразователи АЦП1 и АЦП2 в персональный компьютер (ПК) поступает информация о сборочном усилии P и относительном осевом перемещении L зубка 1.

На протяжении всего процесса запрессовки с помощью датчиков вибрации 5 и 6 через АЦП3 и АЦП4 в ПК поступает информация о частотных характеристиках соответственно из-

лучателя колебаний и формируемого соединения. При достижении собираемыми деталями требуемого осевого относительного положения они фиксируются усилием, не допускающим обратного осевого смещения, и в заданном положении детали подвергают дополнительному ультразвуковому воздействию.

Для регистрации усилия запрессовки и линейного перемещения использовали линейные резистивные датчики типа Duncan 9600 (Япония), отличающиеся простотой сопряжения с АЦП и компьютером. Диапазон перемещений датчика для измерения глубины запрессовки 0–52,3 мм, для измерения усилия по перемещению штока динамометра 0–12,7 мм. В качестве датчиков вибрации применяли датчики типа KB-10 или KD-35 с пьезоэлектрической пластиной, работающей на изгиб.

Для сбора информации с датчиков использовали 12-разрядные АЦП типа ЛА-2USB-12 (Россия), позволяющие подключать до 32 однополосных каналов к порту USB компьютера. В нашем случае потребовались четыре канала: для измерения усилия P и глубины L запрессовки, амплитудно-частотной характеристики формируемого соединения и параметров ультразвуковой колебательной системы.

Проведены экспериментальные исследования воздействия ультразвуковых колебаний на качество сборки с натягом деталей (зубок–шарошка) по прессовым посадкам. В качестве шарошек использовали плоские диски из стали 19ХГНМА (долотная сталь), прошедшие механическую и химико-термическую обработку, аналогичную серийной технологии обработки шарошек буровых долот. В каждом диске выполняли по 20 сквозных отверстий, позволявших сначала запрессовать в них зубки, а затем выпрессовывать. Использовали серийные заводские твердосплавные зубки из сплава ВК10 диаметрами 6,8 и 7,87 мм.

Эксперимент предполагал подготовку зубков и отверстий на условиях селективной сборки, т.е. непосредственно перед ультразвуковой запрессовкой замеряли диаметры отверстий в корпусе шарошки, которые и разделяли на три размерные группы. К каждому отвер-

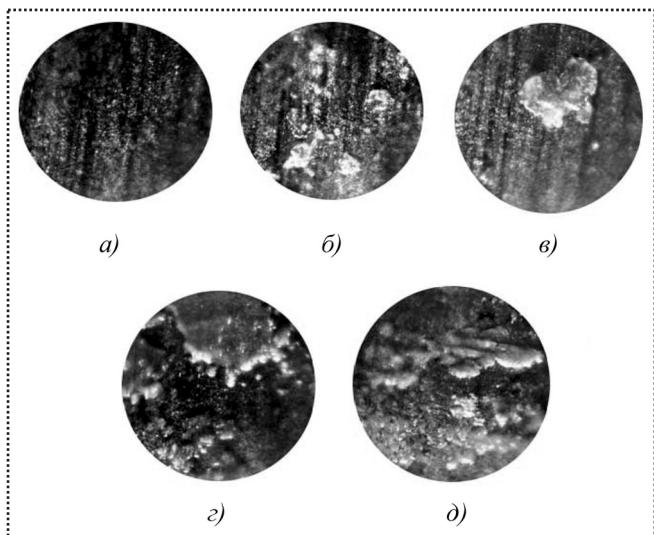


Рис. 2. Микроструктура поверхности прессовых соединений после воздействия ультразвука

стию подбирали соответствующий размерной группе твердосплавный зубок, чтобы обеспечить величину натяга от 0,08 до 0,11 мм.

При запрессовке твердосплавных зубков для снижения трения накладывали ультразвуковые колебания, а затем при достижении зубками заданного положения формировали режим схватывания путем задания колебаний с выдержкой по времени без относительного перемещения деталей.

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем. Все зубки разделяли на четыре размерные группы по 10 зубков в каждой таким образом, чтобы обеспечить натяг в интервале от 0,08 до 0,11 мм. Эксперимент предполагал запрессовку конкретного зубка из каждой размерной группы с наложением ультразвуковых колебаний, необходимую выдержку по времени при достижении зубком заданного положения для формирования режима схватывания и дальнейшую распрессовку с целью оценки параметров прочности соединения.

Для первой группы зубков задавали выдержку 1 с при среднем усилии запрессовки и распрессовки соответственно 16 и 19 кгс/см², для второй – 10 с, 18 и 21 кгс/см², для третьей – 30 с, 16 и 19 кгс/см², для четвертой – 60 с, 18 и 24 кгс/см².

На рис. 2 представлены микрофотографии зоны контакта при различном времени воздействия ультразвука, показывающие формирование процесса схватывания деталей и образования микросварного соединения.

При запрессовке без выдержки (рис. 2, а) поверхность зубка относительно однородна. При воздействии ультразвука в течение 1 с в местах контакта обнаружены вырывы металла, свидетельствующие об образовании узлов схватывания (рис. 2, б) на поверхности зубка. Увеличение времени приложения ультразвуковых колебаний приводит к разрастанию площади узлов схватывания (рис. 2, в – 10 с, г – 30 с, д – 60 с), вокруг основного узла схватывания возникают участки, охватывающие все большую площадь поверхности.

Выводы

Исследования показали, что при запрессовке зубков с применением резонансных колебаний среднее усилие запрессовки снизилось на 6–18 % с одновременным повышением прочности соединений до 15–20 %.

Применение новых технологий ультразвуковой запрессовки зубков шарошечных долот с использованием режима схватывания дает возможность существенно повысить эффективность технологического процесса сборки и качество формируемых соединений без ужесточения требований к технологии изготовления деталей.

Список литературы

1. Штриков Б.Л., Калашников В.В. Ультразвуковая сборка. М.: Машиностроение-1, 2006. 225 с.
2. Шубаев В.Г. Формирование прессовых соединений гарантированного качества при ультразвуковой сборке // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2004, № 10. С. 28–31.
3. Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка. Л.: Машиностроение, 1972. 152 с.
4. Патент РФ № 2357848. Способ запрессовки твердосплавных зубков в корпус шарошки бурового долота. Р.М. Богомолов, А.Г. Ищук, В.И. Кремлев и др. Опубл. 10.06.2009.
5. Штриков Б.Л., Шубаев В.Г., Папшев В.А. Автоматизированная система научных исследований процессов ультразвуковой сборки // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2007, № 12. С. 19–22.

УДК 621.787; 621.9

В.В. Филиппов, А.В. Иванов (Канашский автоагрегатный завод ОАО "КААЗ"),
И.А. Булавин, канд. техн. наук, А.Ю. Груздев (МГТУ МАМИ)
Тел.: (495) 223-0523 (доб. 1068)

Новые технологии, технологическая оснастка и оборудование для сборки редукторов ведущих мостов автомобилей*

Впервые полностью представлены новые технологии сборки редукторов ведущих мостов автомобилей и технологическая оснастка, а также оборудование для сборки, разработанные в МГТУ МАМИ на кафедре "Технология машиностроения" в ходе совместных работ с заводами отрасли (ОАО КААЗ, ЗИЛ, ГАЗ, КАМАЗ).

For the first time the new technology of assemblage of reducers of leading bridges of cars and new industrial equipment, and also the equipment for the assemblage, developed in MGTU MAMI on chair "Technology of mechanical engineering" is completely presented during teamwork with branch factories (Open Society KAAZ, ZIL, GAS, KAMAZ).

Ключевые слова: покрытие, электроэррозионный синтез, поверхностное пластическое деформирование, качество поверхности, остаточные напряжения, микротвердость.

Keywords: coating, electro-erosive synthesis, superficial plastic deformation, quality of a surface, residual pressure, microhardness.

Конструктивно сборку редукторов ведущих мостов автомобилей выполняют по трем компоновочным вариантам: в цельнолитом картере редуктора, в картере, состоящем из двух литых элементов, присоединяемых к картеру моста, и в цельнолитом картере ведущего моста. Наиболее технологичной с позиций выполнения сборочных операций, механизации и автоматизации сборочного процесса является конструкция редуктора, главная передача которого собирается в отдельном картере, состоящем из

*Материалы научно-технического семинара "Прогрессивные технологии и оборудование механосборочного производства". М.: МАМИ, 3 декабря 2009 г.

двух литых элементов, которые устанавливаются в штамповосварном картере ведущего моста по фланцу.

По такой конструктивной схеме выполнен центральный редуктор (рис. 1) ведущего моста автобуса ЛИАЗ-5256, изготовление и сборка которого осуществляются на ОАО КААЗ (Канашский автоагрегатный завод).

Ведущая шестерня главной передачи 1 этого редуктора установлена на конических подшипниках 2 и 3 с преднатягом в отдельном корпусе, а ведомая коническая шестерня 4 –

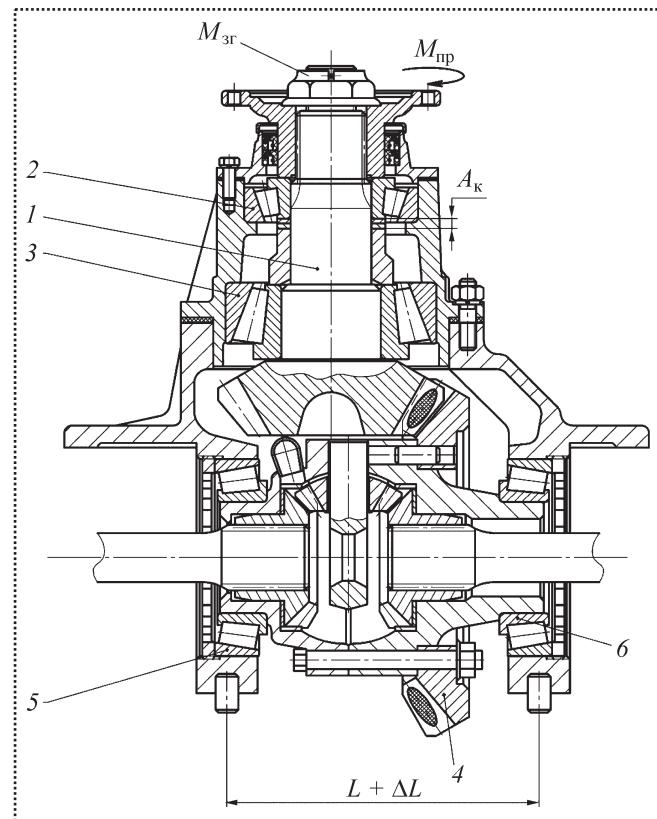


Рис. 1. Редуктор заднего моста автобуса



вместе с чашкой дифференциала – на подшипниках 5 и 6. Такая конструкция позволяет на производстве организовать параллельно независимую сборку этих узлов с последующей установкой в картере.

Для повышения точности и плавности работы конической передачи, а также эксплуатационных характеристик редуктора в целом круговые зубья конических шестереншлифуют. Это позволяет увеличить точность параметров зацепления при спаривании шестерен на контрольно-обкатном станке.

Спаривание шестерен (рис. 2) осуществляется по отпечатку пятна контакта на боковых поверхностях зубьев, на которые предварительно нанесена краска, при боковом зазоре в зацеплении, заданном по ТУ. Контроль пятна осуществляется после вращения шестерен под нагрузкой с притормаживанием. Если расположение пятна не соответствует ТУ, то ведущую шестерню смещают вдоль оси до заданного положения пятна и определяют это смещение (поправку на монтажный размер).

В МГТУ "МАМИ" на кафедре "Технология машиностроения" в результате многолетней совместной работы с заводами отрасли (ВАЗ, ЗИЛ, КАМАЗ, ГАЗ, КААЗ) в процессе исследований, направленных на совершенствование конструкции и технологии изготовления редукторов и ведущих мостов автомобилей [2], разработан комплекс технологического оборудования и оснастки для сборки редукторов, обеспечивающий качество и точность выходных параметров.

В результате исследований взаимосвязи выходных параметров, качества сборки редукторов и сборочных факторов, влияющих на точность этих параметров, на базе созданного оборудования и оснастки [1] разработан принципиально новый технологический процесс сборки редукторов, позволяющий сократить трудоемкость сборки и повысить производительность.

При сборке главных передач к наиболее трудоемким и ответственным операциям, определяющим качество и эксплуатационную надеж-

ность редукторов ведущих мостов, относятся регулировка преднатяга подшипников [3, 4] ведущей шестерни и дифференциала, а также регулировка параметров зацепления главной передачи (пятно контакта, боковой зазор между зубьями и осевое положение шестерен).

Как показывает многолетний опыт работы, эти операции в большинстве технологических процессов сборки слабо механизированы, а их технологическое оснащение не обеспечивает точность выходных параметров. Требуемое качество сборки редукторов и производительность процесса достигаются главным образом за счет высокой квалификации рабочих методом проб и ошибок. Эти операции сопровождаются постоянными переборками редукторов, достигающими 30...50 % всей программы.

Преднатяг подшипников – один из важнейших критериев качества сборки главных передач, определяющих эксплуатационные показатели – шум, вибрации, рабочую температуру, интенсивность изнашивания зубьев конических шестерен, долговечность подшипников и работоспособность редуктора в целом. Но главным предназначением преднатяга подшипников является обеспечение осевой и радиальной жесткости подшипниковых узлов, ведущей шестерни и ведомого колеса, от которых зависит стабильность параметров зацепления конической передачи.

Сборка узла ведущей шестерни (рис. 2) начинается с запрессовки наружных колец подшипников в корпус. Для выполнения этой операции разработана совместно с ОАО КАЗ новая технологическая оснастка (рис. 3), обеспечивающая точное центрирование одновременно двух колец и корпуса в процессе запрессовки. Сила запрессовки, зависящая от геометрии и диаметрального натяга, может достигать 2,0...2,3 кН, что подтверждено расчетами и экспериментально. Корпус устанавливают на плавающей подпружиненной плите.

Для контроля точности запрессовки колец разработана контрольная технологическая оснастка, позволяющая определить точность

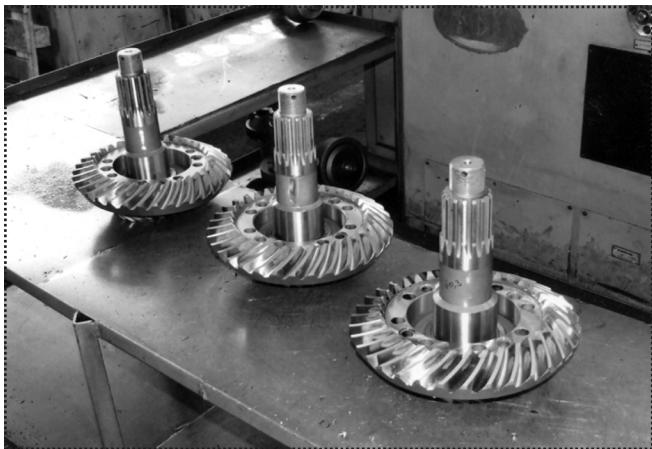


Рис. 2. Комплекты ведущей и ведомой шестерен редуктора после спаривания на контрольно-обкатном станке

геометрии поверхностей качения и торцевое биение относительно оси вращения.

После выполнения прессовых соединений на оснастке при тарированной осевой силе проверяют характеристику момента трения. Это позволяет исключить прохождение на

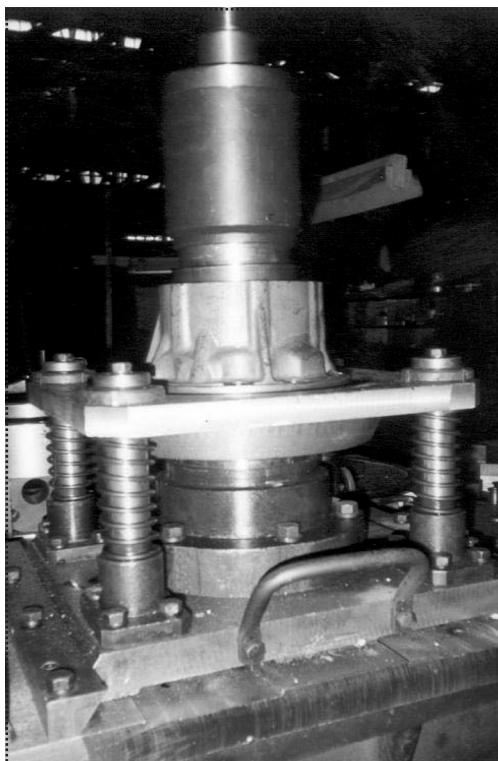


Рис. 3. Приспособление для запрессовки наружных колец подшипников в корпус ведущей шестерни

дальнейшие операции подшипников с погрешностями изготовления или сборки.

Перед запрессовкой внутреннего кольца подшипника на шейку вала шестерни необходимо определить действительный натяг в соединении по разности диаметра вала и отверстия в кольце, которая должна быть в пределах 0,03...0,08 мм в соответствии с заданной посадкой по техническим условиям. Заниженный натяг приводит к проворачиванию кольца на шейке вала, завышенный — к неравномерной деформации кольца, изменению геометрии и нарушению контакта роликов с дорожками качения, изменению монтажной высоты подшипника или разрушению его кольца. Сила запрессовки колец, как показывают экспериментальные исследования, должна быть в пределах 1,0...1,8 кН.

Для стабилизации характеристики момента трения в технологический процесс сборки редуктора предлагается ввести операцию предварительной приработки подшипников 2 и 3 ведущей шестерни (см. рис. 1). Эту операцию выполняют на технологической оснастке с осевым нагружением и вращением дуплекса регулируемых подшипников по определенной циклограмме. При этом повторно контролируют результатирующий момент трения дуплекса подшипников.

Затем проводят операцию регулировки преднатяга, которая состоит из двух этапов:

— определение (измерение) требуемой толщины пакета регулировочных колец компенсатора с распорной втулкой;

— подбор толщины пакета из комплекта регулировочных шайб заданного типоразмера и проверка правильности подбора в подсобранном узле с имитацией силы от гайки хвостовика с контролем момента проворота корпуса $M_{\text{пр}}$.

Для выполнения первого этапа разработаны и изготовлены опытно-промышленные образцы стендов, позволяющие определять требуемый размер компенсатора с учетом силовых, деформационных и динамических факторов в подшипниках при постоянном контроле мо-

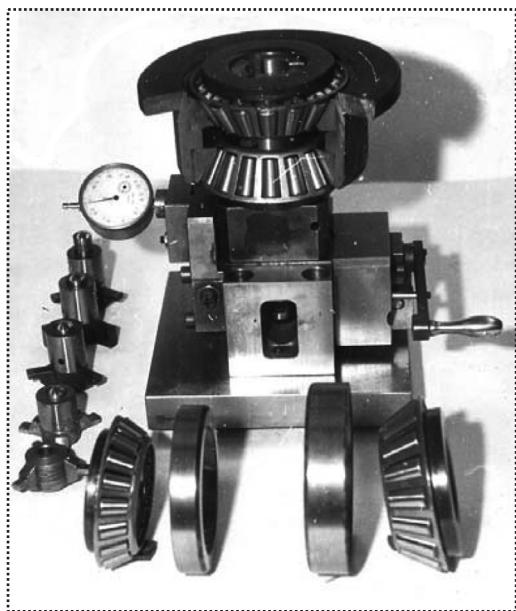


Рис. 4. Технологическая оснастка для измерения компенсатора в различных конструктивных вариантах подшипниковых узлов

мента трения за один или два установки регулируемого узла. На рис. 4 показан действующий образец технологической оснастки для измерения компенсатора.

В ходе совместных работ с АМО ЗИЛ разработан промышленный образец технологического стенда для регулирования преднатяга подшипников редукторов автомобилей семейства ЗИЛ.

Промышленная установка для регулировки преднатяга подшипников разработана совместно с ОАО ГАЗ.

Для выполнения второго этапа на базе винтового пресса разработана технологическая оснастка, позволяющая контролировать момент трения и точность регулировки преднатяга подшипников до силового замыкания. Если момент $M_{\text{пр}}$ в дуплексе подшипников с имитацией силы от гайки не соответствует техническим условиям, то в подсобранном узле необходима корректировка размера набранного компенсатора.

После подсборки подшипникового узла с крышкой, манжетными уплотнениями и карданным фланцем осуществляется навинчивание и затяжка гайки хвостовика с одновремен-

ным вращением подшипников 2 и 3 (см. рис. 1). Точность силового замыкания при затяжке гайки хвостовика является важнейшим заключительным этапом регулировки преднатяга подшипниковых узлов, после которого принимают решение о пригодности собранного узла для дальнейшей сборки редуктора. Погрешность силового замыкания непосредственно влияет на точность регулировки преднатяга.

Для выполнения этой операции разработан стенд, позволяющий реализовать взаимосвязь момента затяжки гайки $M_{\text{зг}}$, силы осевого сжатия узла при сборке и силы, имитирующей затяжку гайки на стенде, при проверке момента трения подшипников, собранных с преднатягом.

Таким образом, при сборке узла ведущей шестерни в новом технологическом процессе преднатяг по моменту трения в подшипниках предлагается контролировать на различных этапах три раза. Многократный контроль и технологическая оснастка для его выполнения позволяют обеспечить высокую точность регулировки преднатяга.

Для получения требуемого осевого положения ведущей шестерни в редукторе относительно оси ведомой с учетом поправки на монтажный размер, зафиксированной на контрольно-обкатном станке, в конструкции редуктора предусмотрен компенсатор A_k . Для определения его размера разработана технологическая оснастка, позволяющая измерять отдельные звенья, и графический алгоритм определения компенсатора по отклонениям этих звеньев, входящих в размерную цепь. После подбора требуемой толщины компенсатора узел ведущей шестерни вместе с компенсатором устанавливают в картер редуктора, предварительно закрепленный на станине стендса.

Сборка узла ведомой шестерни начинается с запрессовки штифтов в правую чашку дифференциала. Для запрессовки ведомой шестерни 4 (см. рис. 1) на правую чашку дифференциала разработана оснастка с центрированием деталей на подпружиненной опоре.

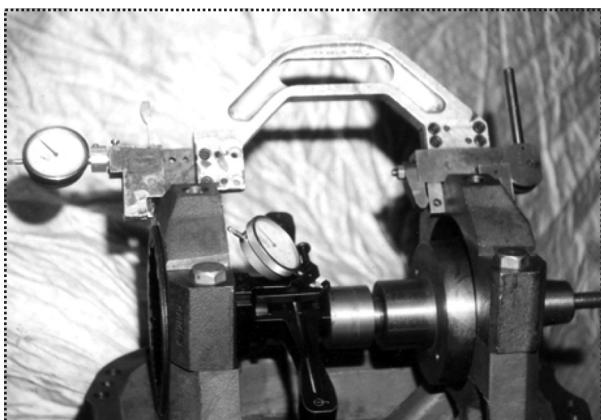


Рис. 5. Технологическая оснастка для регулировки преднатяга подшипников дифференциала

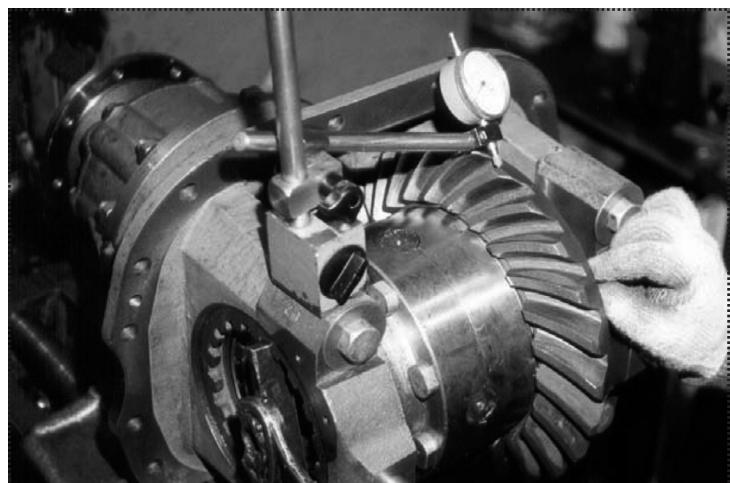


Рис. 6. Регулировка параметров зацепления (бокового зазора и пятна контакта) в собранном редукторе

Сборка конического дифференциала осуществляется в поворотном приспособлении, в котором в правую чашку дифференциала устанавливают шестерню полуоси с антифрикционной шайбой, крестовину с четырьмя сателлитами и антифрикционными шайбами, шестерню полуоси и левую чашку дифференциала, а подсобранный узел закрепляют накидной планкой, удерживающей стяжные болты чашек дифференциала. Затем приспособление поворачивают на 180° и затягивают гайки стяжных болтов.

Для запрессовки внутренних колец подшипников 5 и 6 (см. рис. 1) разработана центрирующая технологическая оснастка с подпружиненной плитой.

После выполнения прессовой операции подсобранный узел вместе с наружными кольцами подшипников устанавливают в контрольное приспособление, в котором подшипники дифференциала нагружаются осевой силой преднатяга, и проверяют биение торца ведомой шестерни 4.

Затем узел с кольцами помещают в картер, устанавливают крышки с запрессованными штифтами, затягивают болты и завинчивают резьбовые кольца, регулирующие боковой зазор в зацеплении. На рис. 5 показана технологическая оснастка для регулирования преднатяга подшипников дифференциала редуктора,

разработанная в ходе совместных работ с ОАО КАМАЗ.

Для контроля бокового зазора создана оснастка, определяющая этот параметр на боковой поверхности зуба ведомой шестерни по угловому люфту (рис. 6).

Преднатяг подшипников дифференциала осуществляется с помощью резьбовых регулировочных колец (с одновременным вращением подшипников) по деформации ΔL крышек при размере L между штифтами. Для контроля этого параметра разработана контрольная скоба.

Контроль основного выходного критерия качества сборки редуктора — пятна контакта на боковой поверхности зуба ведомой шестерни осуществляется по краске при вращении ведущей шестерни и одновременном торможении ведомой на специальном стенде (рис. 7). Форма и расположение пятна контакта должны точно соответствовать техническим условиям на сборку редуктора. После окончательной сборки выполняют стопорение резьбовых регулировочных колец и гайки хвостовика.

Главное отличие новой технологической оснастки и оборудования в технологическом процессе сборки редукторов — контроль силовых и деформационных факторов, которые определяют качество и точность выходных параметров собранного редуктора. По данной

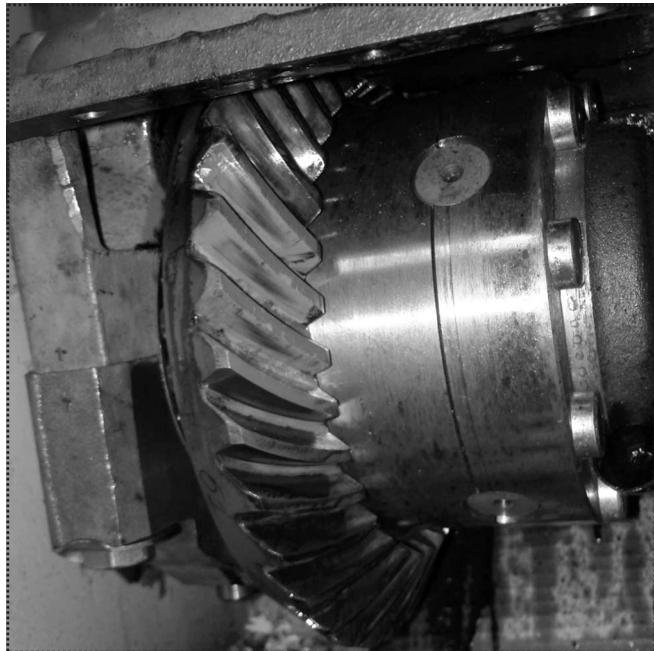


Рис. 7. Контроль пятна контакта на боковой поверхности зуба на специальном стенде

технологии с применением новой оснастки были собраны опытные образцы редукторов отечественных (ОАО КАЗА) и зарубежных (RABA) автомобилей, которые при эксплуата-

ции показали стабильность важнейших параметров редуктора — преднатяга подшипников и параметров зацепления (пятна контакта и бокового зазора).

При внедрении нового оборудования и оснастки в технологические процессы сборки редукторов потребуется применение микропроцессорной техники для контроля силовых и деформационных параметров, датчиков, специальных программ, позволяющих на каждой операции сборки обеспечить адаптивное управление, общую взаимосвязь операций и контроль параметров качества.

Библиографический список

1. Филиппов В.В., Булавин И.А., Груздев А.Ю. От моторемонтной мастерской до завода автоагрегатов // Автомобильная промышленность. 2004, № 10. С. 1–3.
2. Канашский автоагрегатный завод по производству ведущих мостов автобусов / В.В. Филиппов, А.В. Иванов, И.А. Булавин, А.Ю. Груздев // Машиностроитель. 2004, № 9. С. 2–5.
3. Булавин И.А., Груздев А.Ю. Технологическое обеспечение преднатяга подшипников в редукторах ведущих мостов // Автомобильная промышленность. 2001, № 2. С. 33–34.
4. Булавин И.А., Груздев А.Ю. Взаимосвязь параметров преднатяга конических роликоподшипников // Автомобильная промышленность. 2001, № 6. С. 22–24.

5–9 сентября 2011 г. в г. Севастополе состоится Международная научно-техническая конференция "АВТОМАТИЗАЦИЯ: ПРОБЛЕМЫ, ИДЕИ, РЕШЕНИЯ (АПИР) 2011".

Организаторы конференции:

Министерство образования и науки Украины; Севастопольский национальный технический университет;
Технический университет (г. Люблин); Силезский технический университет (г. Гливице)

Тематические направления конференции:

- автоматизация производства, проектирование автоматизированного оборудования, современные технологии обучения специалистов в области автоматизации в высшей школе;
- моделирование автоматизированных производственных систем;
- автоматизированный контроль, диагностика и информационные системы в машино- и приборостроении;
- управление и компьютерное обеспечение современного производства.

Адрес оргкомитета:

99053, Севастополь, ул. Университетская, 33, СевНТУ.

Тел.: 380 (692) 43-52-10 – Карелина Людмила Андреевна

54-53-74 – Копп Вадим Яковлевич

E-mail: apirsev@rambler.ru

в строке "тема" необходимо указать: на конференцию "АПИР 2011"

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ СБОРКИ

УДК 621.757.06: 621.778.19

С.Я. Березин, д-р техн. наук, Е.В. Щербаков
(Читинский государственный университет)
E-mail: zhenia5@rambler.ru

Сборка и демонтаж резьбовых соединений с применением многорежимных вибрационно-активирующих устройств

Рассмотрены особенности применения вибрационных ориентирующих устройств в механосборочном производстве и выявлены проблемы, требующие расширения области применения известных устройств. Разработано устройство для реализации многопереходных процессов в виде электромагнитного циклического вибрационного механизма, позволяющее обеспечить ориентацию соединяемых деталей и активацию резьбообразования, затяжки и демонтажа.

The features of vibratory orienting devices in mechanical assembly work and some problems that need to extend the scope of known devices. A device for the implementation of multijunction processes in the form of electromagnetic vibration of a cyclic mechanism that gives an orientation of the mating parts and the activation of carving formation, tightening and removal.

Ключевые слова: ориентирование, колебания, резьбовое соединение.

Keywords: orientation, fluctuations, carving connection.

В современном автоматизированном сборочном производстве не ослабевает интерес к вибрационным методам и устройствам пассивной ориентации деталей [1, 2]. Значительное их количество основано на автопоиске с различными траекториями перемещения одной из собираемых деталей. Устройства с ударно-вибрационным воздействием на собираемые детали повышают определенность совмещения их осей, а использование ультразвука приводит к еще большему эффекту [3].

В известных вибрационно-ориентирующих устройствах использован один режим колебаний, который обеспечивает автоматическое

совмещение осей деталей. При этом они решают только задачу ориентирования, поэтому в большей степени применяются для сборки гладких цилиндрических соединений. Многопереходные процессы, например, сборка резьбовых соединений, их демонтаж, нарезание резьбы и т.д., требуют участия в них устройств, снижающих силовую напряженность, стабилизирующих показатели соединений, повышающих надежность выполнения переходов и др. Для этого одних только режимов автопоиска осей явно недостаточно.

Подобные проблемы решают с помощью многорежимных устройств с функциями ориентации и активации основных переходов монтажа и разборки резьбовых соединений. Их также можно применять для резьбонарезания [4]. Схема такого устройства представлена на рис. 1. Неподвижная нижняя платформа 1 выполняет роль основания. Верхняя платформа 2 связана с основанием упругими раскосыми балками, установленными под углом β .

Между платформами закреплены парные электромагниты 4 полюсами навстречу друг другу с зазором δ . Электромагниты установлены ближе к центральной оси платформ, а упругие балки – ближе к периферии. На верхней платформе размещен патрон. Установка помещена в осциллиндрическую систему координат $ZY\varphi$, в которой действуют силы F_m притягивания или отталкивания полюсов электромагнитов. Упругие балки установлены между платформами 1 и 2 по окружности диаметром d_y . Положение пары электромагнитов

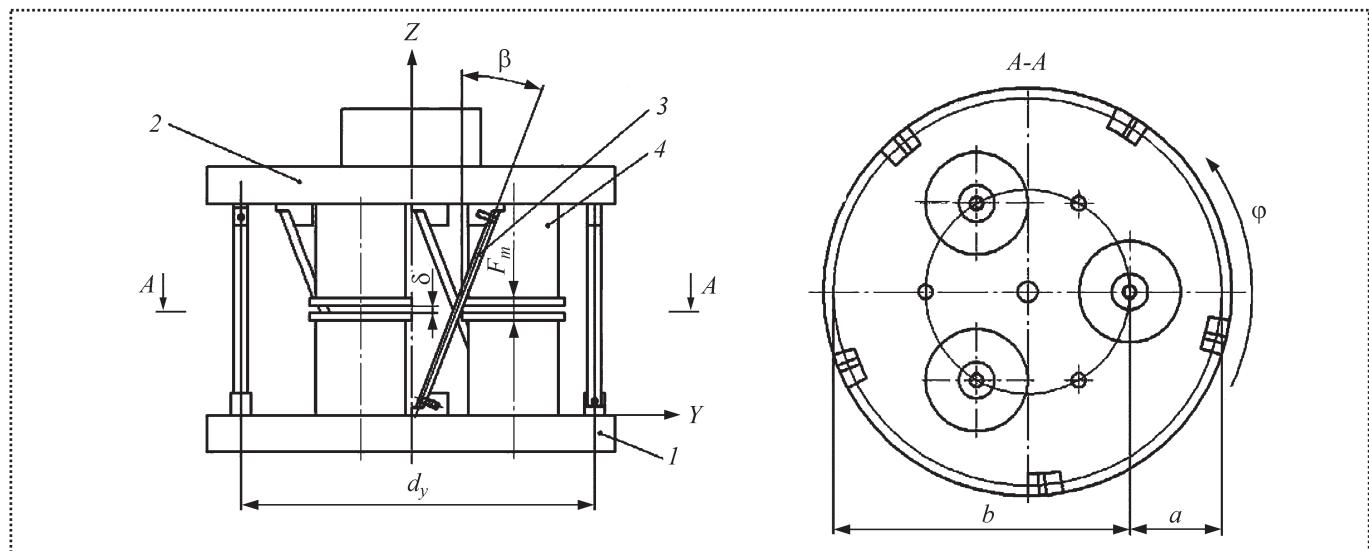


Рис. 1. Схема вибрационного устройства

относительно оси Z и диаметра окружности найдем из выражения

$$d_y = a + b.$$

Такое расположение электромагнитных катушек обеспечивает определенную симметрию их осей вертикальной оси плиты. На электромагнитные катушки от автоматизированной

Схемы распределения импульсов для основных режимов работы устройства

Номера пар электромагнитов	Режимы тактов работы пар				
	1. Одиночные одной полярности		2. Парные одной полярности		
	1.1	1.2	2.1	2.2	
1	+ 0 0	- 0 0	+ + 0	- - 0	
2	0 + 0	0 - 0	0 + +	0 - -	
3	0 0 +	0 0 -	+ 0 +	- 0 -	
Номера пар электромагнитов	3. Парные разной полярности		4. Тройные с парной полярностью		5. Синхронные
	3.1	4.1	4.2	5.1	5.2
1	+ - 0	+ + -	- - +	+	-
2	0 + -	- + +	+ - -	+	-
3	- 0 +	+ - +	- + -	+	-

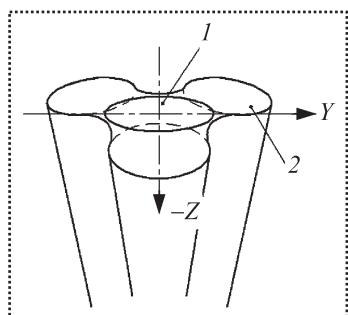
Примечание: "+" – режим притягивания пар электромагнитов; "–" – режим отталкивания; 0 – электромагниты не запитаны.

системы управления подается напряжение в виде электрических импульсов разной последовательности, частоты и полярности, что приводит к различным режимам колебаний верхней платформы. Так как пары электромагнитов расположены симметрично, то при подаче на одну из них электрического импульса возникает перекос верхней платформы устройства относительно вертикальной оси. Последующий одиночный импульс, поданный на другую пару, смешает перекос относительно предыдущего на 120° и т.д.

Электрические импульсы, подаваемые на парные электромагниты, формируют для поддержания переходов ориентации и сборки несколько режимов, которые сведены в таблицу.

Импульсы или их серии распределяются по кругу непрерывно, обеспечивая определенный режим колебаний верхней платформы и детали с отверстием. В результате отверстие совершают определенное колебательное движение центра исходного отверстия 1 (рис. 2) и оси Z . При этом колебательное движение центра отверстия и его образующей формирует своего рода псевдоотверстие 2 гораздо большего размера, чем

Рис. 2. Траектория колебаний центра отверстия в режиме 1.1



исходное 1. Это способствует "проваливанию" в него сопрягаемой детали и совмещению осей. Конфигурация псевдоотверстия зависит от режимов работы электромагнитов, импульсное питание которых определяет частоту, амплитуду, векторы колебаний, колебательные скорости и ускорения, что способствует ориентации и стимуляции процесса сопряжения.

Разработанное устройство (рис. 3, см. 3-ю с. обл.) универсально. Во-первых, оно позволяет выполнять активную ориентацию сопрягаемых деталей (инструмента или крепежа с отверстием базовой детали). Во-вторых, после совмещения осей устройство может переходить в режим активации самого процесса сопряжения или демонтажа с передачей механических низкочастотных колебаний в зону резьбового контакта. В-третьих, устройство позволяет менять динамические режимы, подбирая их для конкретных случаев сборки или резьбообработки.

Устройство работает следующим образом. На первом этапе проводится ориентация оси отверстия детали относительно оси крепежного элемента или метчика. Для этого включается режим поочередно-круговой подачи электрических импульсов на пары электромагнитных катушек. Полярность и мощность импульсов подбирают экспериментально для конкретного веса детали, установленной на верхней платформе. Момент совмещения осей – "провал" заходной части метчика или крепежа в отверстие контролируется датчиком.

После совмещения осей включается режим работы, при котором синхронно подаются

электрические импульсы на три пары электромагнитов, что приводит к появлению тангенциаль но-осевых колебаний верхней плиты с деталью. Вибрационный режим (5.1, см. таблицу) способствует снижению усилий резьбонарезания и стружкоотделения.

Для активации реверсивных переходов, таких как вывинчивание метчика из отверстия или освобождение гаечного конца шпильки, служит режим 5.2, в котором тангенциальные колебания противоположны режиму 5.1 и способствуют вывинчиванию. Такой же режим применяют и при демонтаже резьбовых соединений.

Для управления ориентирующим механизмом была разработана автоматическая система. На рис. 4 (см. 3-ю с. обл.) показан ее базовый блок. Центральным звеном является микроконтроллер 1 фирмы Atmel atmega8. Кнопка 2 (Reset) служит для сброса режимов управления. Тактирование работы блока обеспечивается внешним кварцевым резонатором 3 с двумя фильтрующими конденсаторами 4 малой емкости. Индикация работы всего устройства осуществляется светодиодом 5, подключенным через резистор к питанию. Отдельно сделаны выводы 6 для подключения программатора, чтобы можно было программировать микроконтроллер, не удаляя его из схемы.

Для питания всей схемы на плате установлен разъем 7, обеспечивающий подключение блока питания и подвод к схеме напряжения 5 и 12 В. Микроконтроллер снабжен шестиканальным аналоговым цифровым преобразователем АЦП, к одному из каналов которого подключены резисторы переменный 8 и токо понижающий 9 регулировки питания. К микроконтроллеру подключен переключатель 10 для установки режима работы. Кнопка 11 обеспечивает выбор режима работы АСУ.

Для индикации режима работы устройства АСУ выведены три светодиода 12 с токоограничивающими резисторами. Они соответствуют трем парам электромагнитов и отображают включение или выключение соответствующей пары катушек, однако индикация происходит



на постоянной частоте 1 Гц, отличающейся от действительной частоты переключения катушек. Это сделано для удобства наблюдения за процессом работы режима катушек.

Для управления катушками служат три мощных полевых транзистора 13 с изолированным затвором, способные коммутировать ток до 47 А и напряжение до 100 В. Транзисторы подключены к микроконтроллеру, их силовые выходы 14 выведены в колодку для коммутации с катушками. Выводы 16 для подключения реле, которые при необходимости могут менять полярность у катушек. Также установлены фильтрующие конденсаторы 15 для цифрового и аналогового питания. С данной автоматизированной системой управления при помощи широтно-импульсной модуляции можно задавать любые сигналы (по мощности или последовательности) для катушек.

Характеристики вибрационного устройства:

частота колебания	0–200 Гц
амплитуда колебания	0–2,5 мм
количество режимов колебательного процесса	90
напряжение импульсов	28–90 В
ток импульсов	10–90 А
вес устройства без оснастки на верхней платформе	9 кг

Применение многорежимных вибрационных устройств открывает широкие перспективы в силу их универсальности и высоких технологических возможностей. На их основе можно собирать ориентирующие устройства сборочных автоматов, активирующие устройства для резьбонарезания и сборки различных соединений с натягом, обеспечивать нормированную затяжку резьбовых соединений и их разборку. Данные устройства можно устанавливать на столы станков, закрепляя в них детали, и применять их как патронную шпиндельную оснастку для инструмента или присоединяемой детали.

Библиографический список

1. Божкова Л.В., Вартанов М.В., Кольчугин Е.И. Экспериментальная установка для роботизированной сборки на основе пассивной адаптации и низкочастотных колебаний // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. № 1. С. 5–7.
2. Кристаль М.Г., Чувилин И.А. Исследование динамики вибрационного сопряжения с нижней опорой охватывающей детали // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2008. № 4. С. 13–17.
3. Яхимович В.А. Ориентирующие механизмы сборочных автоматов. М.: Машиностроение, 1975. 165 с.
4. Щербаков Е.В., Березин С.Я. Многофункциональное вибрационно-импульсное устройство для автоматической сборки деталей // Инновационные технологии в технике и образовании: Вторая всероссийская научно-практическая конференция. Чита, 2009. 216 с.



ШЛИФОВАНИЕ ВЫСОКОПОРИСТЫМИ КРУГАМИ

В.К. Старков

Цена 550 р.

688 с.: ил. ISBN 978-5-217-03386-7

Приведены рецептурные составы, технология изготовления и их влияние на эксплуатационные свойства высокопористого абразивного инструмента, достижения в создании и применении высокопористых кругов на основе эльбора, алмаза, монокристаллического корунда и традиционных абразивных материалов. Даны рекомендации по назначению характеристик кругов и режимов маятникового и глубинного шлифования. Изложены способы предотвращения шлифовочных прижогов и трещин, а также результаты исследований и примеры практической реализации шлифования зубчатых колес, фасонного инструмента, замков лопаток, обработки со скоростями до 100 м/с, в том числе без охлаждения и др.

Для инженерно-технических и научных работников, специалистов промышленности, полезна преподавателям и студентам вузов.

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА. ИСПЫТАНИЯ. КОНТРОЛЬ

УДК 621. 83 (075)

А.В. Жданов, канд. техн. наук, доцент (Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)
E-mail: zhdanov@vlsu.ru

Обеспечение качества сборки роликовинтовых механизмов фрикционного типа

Рассмотрены проблемы обеспечения качества изготовления и сборки роликовинтовых механизмов фрикционного типа, в том числе их резьбовых элементов.

The paper considers the problem of quality assurance mechanisms to build rolikovintovyh friction type. One of the problems of these mechanisms to promote the broader market is the difficulty in fabrication and assembly, as well as quality assurance of threaded elements RVM.

Ключевые слова: сборка, роликовинтовой механизм, резьбовой и зубчатый элемент, нагрузочная способность, жесткость, долговечность, КПД.

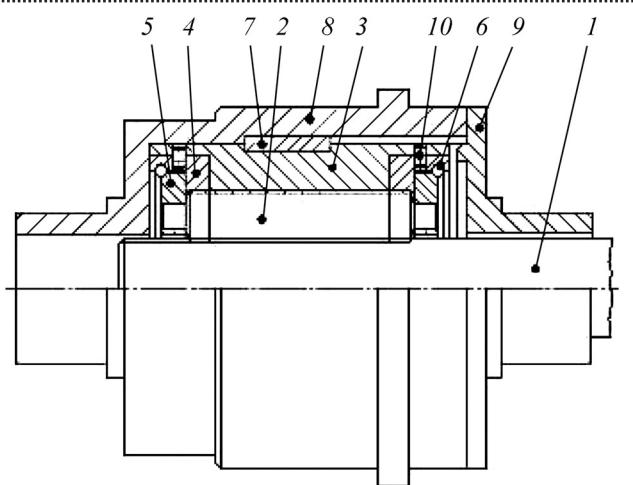
Keywords: assembly rolikovintovoy mechanism, threaded and notched element, carrying capacity, rigidity, durability and efficiency.

Роликовинтовые механизмы (РВМ) относятся к планетарным передачам, преобразующим вращательное движение в поступательное. Они обеспечивают значительную редукцию внутри механизма и обладают высокой нагрузочной способностью, жесткостью, долговечностью. Некоторые группы РВМ имеют КПД более 0,92 и составляют существенную конкуренцию шариковинтовым механизмам (передачи зацеплением), другие могут обеспечивать надежное самоторможение и относятся к фрикционным передачам.

Одна из проблем продвижения данных механизмов на широкий рынок — сложности в изготовлении и сборке. Для передач зацеплением данные вопросы решены известными зарубежными фирмами: SKF (Швеция), INA (Германия), Exclar (США), которые выпускают механизмы под торговой маркой Transroll.

Для передач с фрикционным сопряжением резьбовых звеньев вопросы технологии и сборки в достаточной мере не отработаны.

В состав РВМ (рис. 1) входят резьбовые элементы: винт 1, ролики 2, гайка 3, зубчатые венцы 4 и ролики 2, а также другие: сепараторы 5, стопорные кольца 6. Зубчатые венцы 4



a)



б)

Рис. 1. Роликовинтовой механизм (а) и его твердотельная модель без стакана и крышки (б)



фиксируют от проворота в гайке 3 с помощью штифтов 10. Как правило, механизм вставляют в корпус или стакан 8 с крышкой 9 и винтами (не показаны) при помощи шпонки 7. Возможны варианты с разрезной гайкой для компенсации зазоров и люфтов в механизме.

Изготовление элементов РВМ

Наибольшую сложность в изготовлении представляют зубчатые и резьбовые элементы. Для зубчатых венцов с модулем $m = 0,2\ldots 1$ мм используют известные технологии производства мелкомодульных зубчатых колес [1]. Для наружных зубчатых поверхностей роликов это могут быть зубофрезерование (червячной и модульной фрезой) и зубошлифование, для внутренних зубчатых венцов – зубодолбление или электроэрозионная вырезная обработка проволокой.

При изготовлении резьбовых элементов РВМ необходимо обеспечить следующие геометрические параметры звеньев (рис. 2):

- угол профиля резьбы α_x (для большинства передач принимают безизгибный симметричный профиль $2\alpha_x = 90^\circ$) с точностью $\pm 1\ldots 10'$;
- шаг резьбы P_x (для большинства механизмов $P_x = 0,2\ldots 5$ мм) с точностью $\pm 1\ldots 5$ мкм;
- число заходов z_k , $k = 1$ (винт), 2 (ролик), 2 (гайка);
- радиусы окружностей вершин

$$r_{ak} = r_k \pm 0,375P_x, \quad (1)$$

где r_k – рабочий радиус винта или гайки;

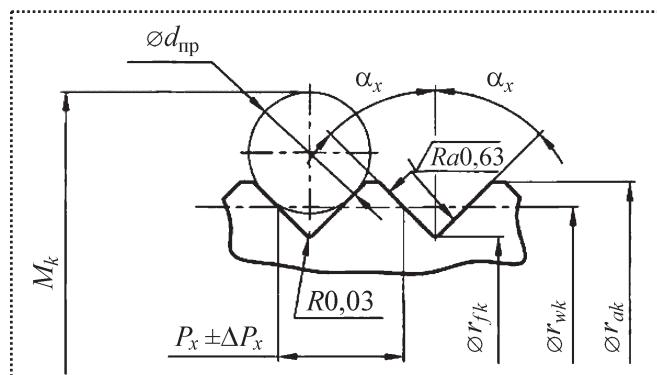


Рис. 2. Параметры профиля наружной резьбы резьбовых элементов РВМ

- радиусы окружностей впадин

$$r_{fk} = r_k \pm 0,479P_x. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) верхний знак – для винта и ролика, нижний – для гайки.

Радиусы начальных окружностей резьбовых элементов являются теоретическими размерами:

- для первой и второй группы РВМ (по классификации)

$$r_{wk} = \frac{z_k a_w}{z_k \pm z_2}; \quad (3)$$

- для третьей группы РВМ

$$r_{wk} = \frac{z_k a_w}{z_k \pm z_2}, \quad (4)$$

где a_w – межосевое расстояние;

верхний знак – для сопряжения винт 1 – ролики 2, нижний – для сопряжения ролики 2 – гайка 3.

Ходовые наружные резьбы получают с помощью операций резания (точение, нарезание резьбы специализированными метчиками и резьбовыми головками, резьбофрезерование, резьбошлифование) и пластического деформирования (накатывание). Для точных РВМ наиболее востребован процесс резьбошлифования.

Одна из проблем обеспечения качества резьбовых элементов РВМ – контроль точности и шероховатости резьб. В промышленных объемах его целесообразно проводить на специализированных контрольно-измерительных машинах с лазерными системами, например Mitsui Seiki LMS 1500 N (3000 N). Для опытных партий можно использовать инструментальные методы. Так, наружные размеры резьбы винта и ролика можно проверить с использованием метода проволочек (роликов):

$$M_k = 2r_{wk} + d_{np} \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha_x} \right) - 0,5P_x \operatorname{ctg} \alpha_x, \quad (5)$$



где M_k – контролируемый размер по проволочкам (роликам) для резьбы k -го элемента РВМ ($k = 1$ – винт, $k = 2$ – ролик, $k = 3$ – гайка);

$d_{\text{пр}}$ – диаметр проволочек, мм.

Для контроля внутренней резьбы гайки пользуются проходным и непроходным калибрами.

Угол подъема винтовой линии резьбового элемента также можно использовать для контроля правильности изготовления резьбы и технологической настройки оборудования:

$$\lambda_k = \arctg \frac{z_k P_x}{\pi d_k}, \quad (6)$$

где d_k – рабочий диаметр винта 1 или гайки 3 (принимается равным среднему диаметру резьбы).

Сборка РВМ

Как и для всех планетарных передач, для обеспечения зазора между роликами РВМ сумма радиусов окружностей вершин соседних сателлитов должна быть меньше расстояния между их осями:

$$r_{a_2} < a_w \sin \frac{\pi}{n}, \quad (7)$$

где n – число роликов.

Оси винта и гайки РВМ совпадают, поэтому межосевые расстояния в зацеплениях винта с роликами и роликов с гайкой одинаковы. Условие сборки для РВМ, как и для планетарных передач, имеет вид

$$z_1 \pm z_3 = k \cdot n, \quad (8)$$

т.е. сумма заходов z_1 винта и z_3 гайки должна быть кратна числу роликов; знак “–” – для первой и второй групп РВМ.

При сборке РВМ межосевое расстояние определяется точностью изготовления отверстий сепаратора и резьбовых сопряжений ролики–винт и ролики–гайка. В общем случае межосевое расстояние находят по формуле

$$a_w = \sqrt{r_k^2 \pm r_2^2 + 2r_k r_2 \cos(\alpha_{ik} - \alpha_{i2})}, \quad (9)$$

где верхний знак – для сопряжения винт–ролики, нижний – ролики–гайка;

r_k – рабочий радиус винта или гайки;

r_2 – рабочий радиус ролика;

α_{ik} – торцовый угол профиля на рабочем диаметре резьбы k -го элемента РВМ;

α_{i2} – торцовый угол профиля на рабочем диаметре ролика ($\alpha_{i2} = \alpha_{i3}$ – при опорной гайке; $\alpha_{i2} = \alpha_{i1}$ – при опорном винте).

При изготовлении допуск на межосевое расстояние выполняют в пределах 3...10 мкм.

Кроме норм точности изготовления элементов РВМ должны быть регламентированы величины боковых зазоров j_n между нерабочими профилями винта, гайки и роликов [2]. С эксплуатационной точки зрения требования к боковым зазорам непосредственно не связаны с назначеными степенями точности изготовления и сборки передачи. Для правильной ее эксплуатации основное значение имеет наименьший боковой зазор, который может получиться между витками в передаче при наименее выгодном расположении ее элементов в отношении имеющихся в них погрешностей.

Чрезмерно малый боковой зазор опасен из-за возможности заклинивания передачи, особенно после нагрева в процессе работы. Поэтому необходимо в первую очередь гарантировать боковой зазор не менее допустимого. Боковой зазор также влияет на шум, возникающий в процессе работы передачи.

Зазор должен скомпенсировать возможное изменение размеров элементов РВМ, возникающее из-за нагрева передачи при эксплуатации, обеспечить нормальные условия смазки, а также устранить удар по нерабочим профилям, который может возникнуть в случае разрыва контакта рабочих профилей из-за динамических явлений. Зазор необходим также для компенсации погрешностей изготовления и монтажа передачи.

В работе [2] разработана система допусков на РВМ, аналогичная системе допусков на



зубчатые передачи, устанавливающая гарантированный боковой зазор $j_{n \min}$, который определяется независимо от точности изготовления. Для передач с нерегулируемым и регулируемым расположением осей ГОСТ предусматривает пять видов сопряжений: D, E, F, G, H и четыре вида допуска T_{jn} на боковой зазор: e, f, g, h . Допуск T_{jn} определяется разницей между наибольшим и наименьшим (гарантированным) зазором. Видам сопряжений D и E соответствует допуск e на боковой зазор, а $F, G, H - f, g, h$. Сопряжения D, E, F, G, H применяют для степеней точности соответственно 3...12, 3...12, 3...10, 3...8, 3...7. Кроме того, установлено шесть классов отклонений межосевого расстояния, обозначаемых в порядке убывания точности от II до VI. Сопряжение H обеспечивается при II классе, G, F, E и D – соответственно при классах III, IV, V и VI.

Расчет гарантированного бокового зазора проводят, исходя из учета температурного режима работы передачи, способа смазки и скорости ее работы, влияния свободного поворота ведущего элемента РВМ в пределах бокового зазора на эксплуатационные качества передачи.

Величины гарантированного осевого зазора в сопряжении РВМ и предельных отклонений межосевого расстояния, приведенных к осевому перемещению, даны в табл. 1–3.

При определении наибольшего бокового зазора $j_{n \max}$ необходимо учитывать погрешности изготовления и монтажа. Величина бокового зазора обеспечивается путем радиального смещения E_H исходного контура шлифовального круга от его номинального положения. Допуск T_H на смещение исходного контура установлен в зависимости от допуска F_r на радиальное биение и вида сопряжения, причем $T_H > F_r$.

Допуск на радиальное биение (в мкм)

$$F_r = (7,5m + 1,44\sqrt{d} + 5)k_t, \quad (10)$$

где $m = P_x$, мм;

d – делительный диаметр звена, мм;

k_t – коэффициент перехода к степени точности.

Формула (10) дана для 6-го класса точности. При переходе от 6-го к 5-му, 4-му и 3-му классам k_t изменяется в геометрической прогрессии со знаменателем 1/1,58, при переходе от

Таблица 1

Нормы гарантированного осевого зазора (мкм) и предельных отклонений (мкм) для $P_x = 0,5$ мм

Вид сопряжения	Класс отклонений межосевого расстояния	Обозначения	Межосевое расстояние a_w , мм									
			<12	12–20	20–32	32–50	50–80	80–125	125–180	180–250	250–315	315–400
H	II	$j_{n \min}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	III		8	11	13	16	18	21	25	28	33	35
F	IV		13	16	18	23	27	31	35	41	45	51
E	V		21	25	30	35	42	49	57	65	74	81
D	VI		31	38	47	55	65	76	89	102	115	126
H	II	f_a	11	13	16	20	23	25	28	31	35	40
G	III		16	20	23	28	31	40	42	49	57	64
F	IV		25	31	35	45	49	64	71	78	85	99
E	V		42	51	57	71	85	99	113	127	141	156
D	VI		64	78	89	113	127	156	170	198	226	255



Таблица 2

Допуск (мкм) на смещение исходного контура для $P_x = 0,5$ мм

Класс точности	Делительный диаметр d , мм									
	<12	12–20	20–32	32–50	50–80	80–125	125–180	180–250	250–315	315–400
3	3	4	4	5	5	6	7	8	8	9
4	5	6	6	7	8	9	11	12	13	14
5	8	9	10	11	13	15	17	19	21	23
6	12	15	16	18	20	23	27	30	33	36
7	17	20	23	25	29	33	37	42	46	50
8	22	26	28	32	36	41	47	53	58	63
9	27	32	36	40	45	52	59	66	73	80

Таблица 3

Нормы максимального осевого зазора (мкм) для $P_x = 0,5$ мм

Класс точности	Вид сопряжения	Межосевое расстояние a_w , мм									
		<12	12–20	20–32	32–50	50–80	80–125	125–180	180–250	250–315	315–400
4	<i>H</i>	17	20	24	30	34	38	43	47	53	60
	<i>G</i>	32	40	46	57	64	79	87	100	115	128
	<i>F</i>	49	60	69	87	98	122	136	152	167	192
	<i>E</i>	82	98	110	136	163	190	217	246	274	302
	<i>D</i>	121	148	173	215	245	297	330	382	435	486
5	<i>H</i>	19	22	26	32	37	42	47	51	58	65
	<i>G</i>	33	42	48	59	66	81	90	103	118	131
	<i>F</i>	50	61	70	89	99	124	138	154	169	195
	<i>E</i>	82	99	111	137	164	191	218	247	276	303
	<i>D</i>	122	149	173	216	246	297	330	383	436	487
6	<i>H</i>	24	27	32	38	43	49	55	61	68	76
	<i>G</i>	37	46	52	63	71	86	96	110	125	139
	<i>F</i>	53	64	73	91	103	127	142	159	174	200
	<i>E</i>	84	100	113	139	166	193	221	250	279	306
	<i>D</i>	123	150	175	217	247	299	332	385	438	489
7	<i>H</i>	29	34	39	45	51	59	66	74	82	91
	<i>G</i>	41	51	58	69	78	94	105	120	136	150
	<i>F</i>	56	68	78	96	108	132	148	166	182	208
	<i>E</i>	86	103	116	141	169	197	225	255	284	312
	<i>D</i>	124	152	177	219	250	301	335	388	441	493
8	<i>H</i>	35	40	46	53	60	68	77	87	96	106
	<i>G</i>	46	57	64	76	86	102	115	131	147	162
	<i>F</i>	60	73	83	101	113	138	155	174	191	217
	<i>E</i>	89	106	119	145	173	201	230	260	290	318
	<i>D</i>	126	154	179	221	252	304	338	392	445	497



6-го к 7-му – со знаменателем 1,4, от 7-го к более грубым классам точности – со знаменателем 1,26.

Результаты расчета допуска на смещение исходного контура приведены в табл. 3.

Максимальный боковой зазор

$$j_{n \max} = j_{n \min} + \sqrt{0,5(T_{H1}^2 + T_{H2}^2) + 2f_a^2}, \quad (11)$$

где T_{H1} , T_{H2} – допуск на смещение исходного контура резьбы первого и второго элементов;

f_a – предельное отклонение межосевого расстояния.

Максимальный осевой зазор в сопряжении РВМ определяется путем подстановки (11) в формулу приведения:

$$j_{oc \ max} = j_{n \ max} \frac{1}{\cos \alpha} \sqrt{1 + \left(\frac{P_x}{\pi a_w} \right)^2}.$$

Результаты расчета максимального осевого зазора в зависимости от класса точности, вида сопряжения и осевого шага приведены в табл. 3.

Максимальный осевой зазор в РВМ представляет собой сумму приведенных максимальных осевых зазоров сопряжений "винт–ролики" и "ролики–гайка". Величина осевого зазора РВМ растет с увеличением осевого шага, межосевого расстояния, класса точности и перехода вида сопряжения от H к D .

Окончательная сборка РВМ происходит в следующей последовательности. Вначале со-

бирают гайку с зубчатыми венцами, так чтобы впадины зубьев на противоположных сторонах гайки совпадали, и предварительно фиксируют. Для РВМ с опорной гайкой собирают блок роликов и гайки, с опорным винтом – блок планетарных роликов и винта. Для этого на опорном элементе предварительно фиксируют один сепаратор, в котором устанавливают все ролики. Надевают и фиксируют второй сепаратор. Вворачивают или наворачивают подвижный элемент – винт или гайку.

Правильность и качество сборки РВМ контролируют на стенде с проверкой момента холостого хода, жесткости передачи и зазоров в сопряжении.

Выход

В работе предложены нормы точности изготовления элементов РВМ, регламентированы величины боковых зазоров, предложена последовательность сборки РВМ. Для механизмов повышенной точности и безлюфтовых РВМ особую роль играют методы обеспечения предварительного натяга при сборке и влияние точности изготовления зубчатых венцов.

Библиографический список

1. Новикова Е.А. Разработка и исследование моноблочных электромеханических приводов с высокой плавностью выходного перемещения: Дис. ... канд. техн. наук. Владимир: ВлГУ, 1999. 16 с.

2. Морозов В.В., Костерин А.Б., Новикова Е.А. Плавность динамических звеньев электромеханических приводов: Монография. Владимир: РИК ВлГУ, 1999. 158 с.

Исследования проведены в рамках реализации федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009–2013 годы.

РАЗБОРКА. РЕМОНТ

УДК 621.9.048.6

**В.М. Приходько, д-р техн. наук, член-корр. РАН, Р.И. Нигметзянов,
Д.С. Фатюхин, канд-ты техн. наук (Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ))
E-mail: lefmo@ya.ru**

Совмещенный процесс ультразвуковой разборки и очистки деталей машин

Рассмотрена возможность совмещения технологических процессов ультразвуковой разборки и очистки. Обоснована эффективность синтеза этих операций. Предложена конструкция ультразвуковой установки для осуществления комбинированного процесса очистки и разборки деталей машин.

In article the opportunity of overlapping of technological processes of ultrasonic disassembly and clearing is considered. Efficiency of synthesis of these operations is proved. The design of ultrasonic installation for realization of the combined process of clearing and disassembly of details of machines offered.

Ключевые слова: ультразвук, разборка, очистка, технология.

Keywords: ultrasonic, disassembling, clearing, technology.

Анализ положений о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава, типовых норм времени на характерные работы текущего ремонта, других источников и документов показывает, что основной удельный вес по трудо затратам (до 30...40 %) [1] приходится на разборочные (сборочные), очистные и моечные работы. При капитальном ремонте автомобилей разборочные работы составляют 12–13 % общего объема.

Широкое применение нашли вибрационные машины и устройства, а также ультразвуковые технологические процессы. Перспективное направление – использование вибраций ультразвукового частотного диапазона для разборки деталей. Это обосновано следующими положениями:

– наложение ультразвуковых колебаний на один из элементов твердой фрикционной пары значительно снижает коэффициент трения [2];

– любая сопряженная пара деталей является гетерогенной системой, в которой при правильно выбранном внешнем механическом воздействии могут создаваться разностные межэлементные силовые реакции, приводящие к разборочным перемещениям в системе;

– под действием ультразвука заметно интенсифицируется проникновение жидкости в капиллярные зазоры [3]. При ультразвуковом замачивании узлов ускоренное проникновение технологической жидкости в зазор между сопряженными поверхностями пары способствует снижению в ней сопротивления трению;

– в ряде технологически важных ситуаций ультразвуковая разборка с минимальными межоперационными потерями может быть совмещена с ультразвуковой очисткой, эффективность которой не вызывает сомнений.

Основное преимущество ультразвукового метода разборки – высокая скорость процесса, причем состояние поверхностей деталей разбираемых соединений не ухудшается. Это связано с тем, что при наличии высокочастотных колебательных перемещений деталей друг относительно друга изменяется характер сил трения: сухое трение приобретает особенности, характерные для квазивязкого трения.

Для ускорения эффекта ультразвуковой разборки необходимо, чтобы на внутреннюю деталь разбираемого соединения кроме силы тяжести действовала еще какая-нибудь сила, имеющая постоянную во времени составляю-

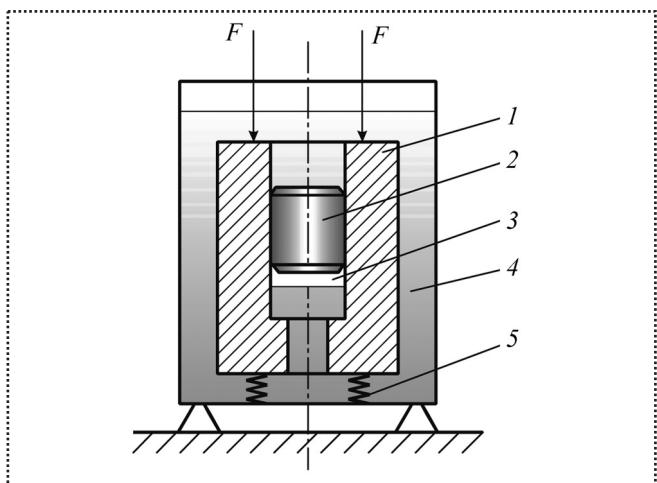


Рис. 1. Схема разборки при наличии гидравлической силы:
1, 2 – охватывающая и охватываемая детали;
3 – вакуумная прослойка;
4 – жидкость;
5 – упругий элемент

щую. Подобная ситуация может быть реализована в том случае, когда разбираемое соединение помещено в жидкость. Механизм возникновения гидравлической силы рассмотрим на модели, представляющей собой два коаксиальных цилиндра (рис. 1).

В процессе ультразвуковых колебаний при смещении деталей 1 и 2 друг относительно друга во внутреннем объеме соединения образуется область пониженного давления и жидкость из общего технологического объема через осевое отверстие поступает внутрь цилиндрического стакана. Большую часть периода колебаний контакт детали 2 с жидкостью отсутствует. В эти моменты времени разность давлений практически равна атмосферному давлению $p_{\text{атм}}$. За время Δt внутрь цилиндра поступает жидкость массой M :

$$M = \rho \theta \Delta t = \mu S \sqrt{\frac{2p_{\text{атм}}}{\rho} \Delta t \rho}, \quad (1)$$

где θ и ρ – объем и плотность жидкости;
 μ – коэффициент ($\mu \approx 0,6$ при числах Рэнольдса $R \geq 30$);
 S – площадь отверстия.

В результате уровень жидкости во внутреннем объеме соединения поднимается на величину

$$h = \mu \frac{S}{S_u} \sqrt{\frac{2p_{\text{атм}}}{\rho} \Delta t}, \quad (2)$$

где S_u – площадь внутреннего сечения цилиндрического стакана.

В промежуток времени $(T - \Delta t)$ происходит воздействие (соударение) торцевой поверхности детали 2 с жидкостью, при этом развивается импульс давления

$$p^* = \frac{F}{S_u}, \quad (3)$$

где сила F сравнима с амплитудой внешней гармонической силы.

С момента начала воздействия детали на жидкость часть ее вытекает через дроссель, что приводит к снижению уровня на величину

$$h^* = \mu^* \frac{S}{S_u} \sqrt{\frac{p^*}{\rho}} (T - \Delta t). \quad (4)$$

За счет вариации формы отверстия коэффициент μ^* может быть существенно меньшим по сравнению с параметром μ в (2), поэтому жидкость медленно вытекает из цилиндра. Это приводит к ее сжатию и возникновению действующей на деталь упругой гидравлической силы

$$F_r = \frac{S_u}{\beta_{\text{ад}}} \cdot \frac{\Delta l}{l_0 + h - h^*}, \quad (5)$$

где $(l_0 + h)$ – высота столба жидкости до удара;
 Δl – величина деформации;
 $\beta_{\text{ад}}$ – коэффициент адиабатического сжатия.

Для воды величина $\beta_{\text{ад}}$ очень мала ($\beta_{\text{ад}} \approx 45,05 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{Н}$), поэтому деформация жидкости незначительна ($\Delta l \ll h - h^*$) и за один период колебаний деталь 2 поднимется на величину $h - h^*$.

Таким образом, предложен метод, обеспечивающий при ультразвуковой разборке регулярное внешнее воздействие на извлекаемую деталь. Внешняя сила является гидравлической и имеет импульсный характер с длительностью импульсов, составляющих незначительную часть периода ультразвуковых колебаний. Амплитуда импульса сравнима с амплитудой внешней гармонической силы. Для эффективного процесса разборки важно, что гидравлическое воздействие на внутреннюю деталь имеет нескомпенсированную (постоянную) во времени составляющую, создающую асимметрию в осевом движении детали по отношению к направлениям "вниз—вверх". В установившемся стационарном режиме внутренняя деталь приобретает направленную вверх среднюю скорость поступательного движения—скорость разборки.

Среднее по периоду T значение гидравлической силы $\langle F_r(t) \rangle$ можно представить в виде

$$\bar{F}_r \equiv \langle F_r(t) \rangle = \frac{F_r \Delta t}{T}. \quad (6)$$

Способ разборки с непрерывной передачей ультразвуковой энергии системе, находящейся в жидкой среде, обеспечивает более высокую скорость разборки за счет выталкивающего импульсного воздействия гидравлической силы на внутреннюю деталь разбираемого соединения. Наличие технологической жидкости позволяет одновременно с разборкой осуществлять и очистку поверхностей разбираемых деталей.

Ультразвуковая разборка как отдельный процесс в технологии производства и ремонта машиностроительных изделий встречается редко. Предшествующие или последующие технологические операции, как правило, связаны с очисткой от загрязнений технологического и эксплуатационного характера. Поэтому обычно совмещают ультразвуковые технологические процессы очистки [4, 5] и разборки.

Реализация технологического процесса разборки основана на применении стержневых

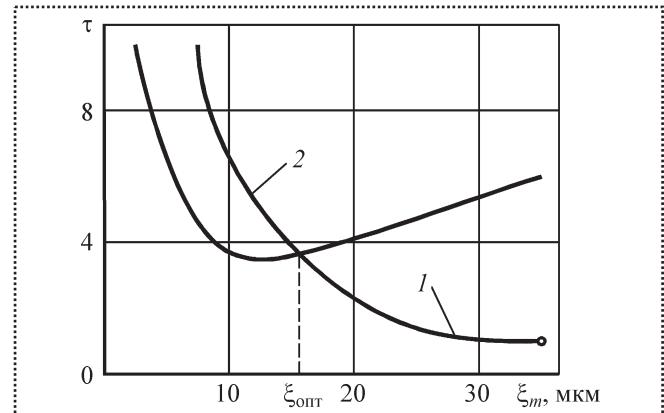


Рис. 2. Зависимость продолжительности разборки и очистки от амплитуды смещения излучателя ультразвуковых колебаний

ультразвуковых колебательных систем, позволяющих регулировать амплитуду колебательного смещения в широком диапазоне. Исследования показали, что определяющую роль для разборки имеет амплитуда смещения излучателя. Это было использовано в процессе ультразвуковой высокоамплитудной очистки [5].

На рис. 2 приведены зависимости продолжительности процессов ультразвуковой очистки 1 и разборки 2 в относительных единицах от амплитуды смещения излучателей, которые подтверждают экономическую целесообразность совмещения этих процессов.

Результаты многолетних исследований ультразвуковой высокоамплитудной очистки легли в основу создания совмещенного технологического процесса очистки и разборки прецизионных деталей топливной аппаратуры автотракторных двигателей [6].

Технологический процесс состоит из пяти операций: размочки (предварительной очистки), ультразвуковой разборки и очистки, ополаскивания чистым моющим раствором, пассивации и сушки. Предусмотрена индивидуальная обработка каждой сборочной единицы с последующим помещением в кассету.

Размочка (предварительная очистка) осуществляется с целью размягчения и удаления основной массы загрязнений. Практика показывает, что независимо от вида загрязнений эта



операция позволяет сократить продолжительность ультразвуковой обработки в 2...3 раза.

Ультразвуковая разборка и очистка. Технологические особенности процесса и тип применяемой ультразвуковой колебательной системы определены проведенными экспериментальными исследованиями. Продолжительность цикла в основном зависит от длительности ультразвуковой очистки и при очистке распылителей форсунок от эксплуатационных загрязнений составляет 20...100 с, что объясняется различным состоянием распылителей, поступающих в ремонт.

Пассивация необходима, поскольку после ультразвуковой очистки поверхность не имеет защитной пленки и подвержена коррозии. Процесс пассивации деталей целесообразно разделить на две операции: ополаскивание пассивирующим раствором и последующая пассивация погружением в раствор. Это вызвано необходимостью удаления с поверхности деталей разобранного узла остатков загрязненного моющего раствора и увеличением длительности самой пассивации. В качестве пассивирующего раствора для стальных деталей применяется 0,3%-ный водный раствор триэтаноламина.

Сушка – заключительная операция, предназначенная для удаления остатков моющего и пассивирующего растворов с поверхности деталей. Перед сушкой деталей горячим воздухом рекомендуется обдуть их холодным воздушным потоком. Это связано с тем, что при подводе горячего воздуха (70...80 °C) влажные детали нагреваются, парциальное давление паров над их поверхностью повышается и влага испаряется. В результате компоненты, используемые для приготовления моющего и пассивирующего растворов, кристаллизуются и образуют на поверхности деталей белый налет.

Для реализации комплексного технологического процесса ультразвуковой разборки и очистки прецизионных узлов топливной аппаратуры дизелей была разработана и изготовлена установка (рис. 3).

На подготовительном этапе кронштейн 10 находится в крайнем нижнем положении. Для

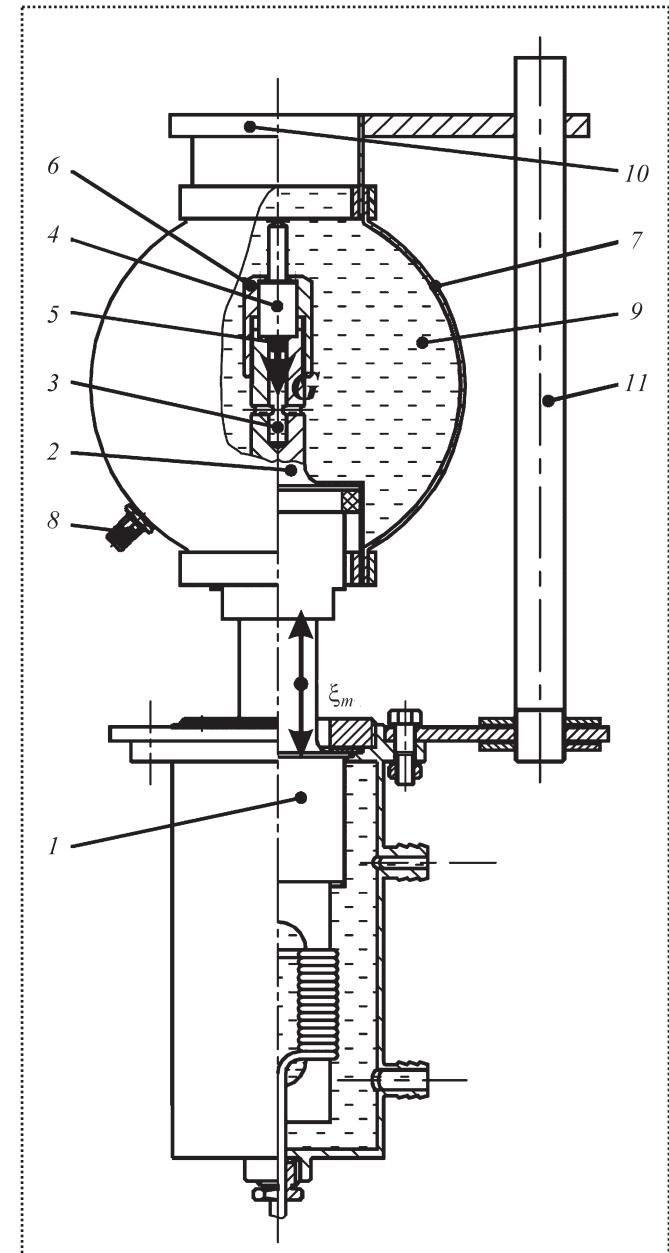


Рис. 3. Устройство для совмещенного процесса разборки и очистки:

- 1 – ультразвуковая колебательная система;
- 2 – концентратор;
- 3 – осевой канал;
- 4, 5 – корпус и игла распылителя;
- 6 – упор;
- 7 – упругая технологическая камера;
- 8 – заливной штуцер;
- 9 – моющий раствор;
- 10 – кронштейн;
- 11 – траверса

осуществления совмещенного процесса разборки и очистки распылитель форсунки устанавливают на рабочий торец концентратора 2



так, чтобы игла 5 распылителя была ориентирована хвостовиком вниз и он входил в осевой канал 3 концентратора 2. На корпус 4 распылителя форсунки сверху легко и быстро закрепляется упор 6, в частном случае благодаря его резьбовому соединению с концентратором 2. При этом корпус 4 прижимается к рабочему торцу концентратора 2. После установки все перечисленные элементы устройства оказываются расположеными вдоль вертикальной оси, совпадающей с осью источника 1 ультразвуковых колебаний в виде стержневой колебательной системы.

Затем кронштейн 10 поднимается по траперсе 11 в крайнее верхнее положение. Концентратор 2, корпус 4 и игла 5 оказываются внутри технологической камеры 7, которая через штуцер 8 заполняется моющим раствором 9. При работе стержневой колебательной системы ультразвуковые колебания передаются от концентратора 2 корпусу 4 распылителя и моющему раствору 9, вследствие чего на иглу 5 распылителя периодически действует сила инерции, направленная вертикально вниз и вместе с силой тяжести G иглы 5 распылителя стремящаяся удалить иглу 5 из корпуса 4. Кроме того, наложение колебаний на соединение "корпус–игла распылителя" снижает силу трения между этими деталями.

Сочетание указанных процессов вызывает направленное движение иглы 5 вниз и постепенный выход ее из корпуса 4, что приводит к разборке данного соединения. В процессе разборки игла 5 распылителя имеет возможность свободно опускаться в отверстие 3 концентратора 2. Одновременно с процессом разборки происходит очистка корпуса 4 и иглы 5. При этом моющий раствор 9 свободно проникает в зону разбираемого соединения к осевому ка-

налу 3 в концентраторе 2 благодаря сквозному отверстию.

В случае, когда технологическая камера 7 выполнена из упругого неметаллического материала, облегчается процесс изменения ее объема, ускоряется сборка и разборка устройства в целом. Этому также способствует резьбовое соединение упора 6 и концентратора 2. Таким образом, устройство позволяет совместить процессы разборки и очистки распылителей форсунок.

Вывод

Применение ультразвука для разборки соединений деталей машин позволяет интенсифицировать технологический процесс, а также избежать разрушения поверхностей деталей при разборке. Совмещение ультразвуковой очистки и разборки способствует повышению эффективности этих процессов. Комбинированный технологический процесс может быть реализован с помощью предлагаемого устройства.

Библиографический список

1. Временные типовые нормы времени на характерные работы текущего ремонта автомобиля КамАЗ-5320 в условиях автотранспортных предприятий. ЦНОТ Минавтотранса РСФСР. М., 1976. С. 52–53.
2. Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. Прокатка и волочение с ультразвуком. Минск: Наука и техника, 1970. 288 с.
3. Дрожалова В.И., Артамонов Б.А. Ультразвуковая пропитка деталей. М.: Машиностроение, 1980. 40 с.
4. Панов А.П. Ультразвуковая очистка прецизионных деталей. М.: Машиностроение, 1984. 88 с.
5. Приходько В.М. Повышение эффективности процесса ультразвуковой очистки деталей топливной аппаратуры автотракторных двигателей при ремонте: Дис. ... канд. техн. наук. М.: МАДИ. 1975. 163 с.
6. Приходько В.М. Ультразвуковые технологии при производстве, эксплуатации и ремонте транспортной техники. М.: Техполиграфцентр, 2003. 253 с.

ИНФОРМАЦИЯ

Металлургия–Литмаш 2010

С 24 по 27 мая 2010 г. на территории ЦВК “Экспоцентр” под таким названием проходила Международная выставка, представившая специалистам возможность ознакомиться с современными процессами в черной и цветной металлургии, новыми видами оборудования и продукцией российских и международных металлургических и машиностроительных компаний.

В статье будет приведено краткое описание некоторых экспонатов, вызвавших интерес у специалистов и имеющих отношение к машиностроению, а также предложений предприятий-разработчиков.

ОАО "Электростальский завод тяжелого машиностроения" (г. Электросталь, Московская обл.) – одно из ведущих российских предприятий тяжелого машиностроения, специализирующееся на производстве трубопрокатного и металлургического оборудования, предложил потребителям свою продукцию.

Мобильную трубопрокатную установку мод. мини-ТПА для производства высококачественных труб и трубных заготовок широкого размерного сортамента из углеродистых и легированных марок стали и различных сплавов, в том числе на основе титана. Такая установка может быть использована для производства предельных труб в качестве заготовок станов холодной прокатки и волочения, пустотелых осей железнодорожного транспорта, муфтовых соединений труб нефтяного сортамента, деталей гидроцилиндров, подшипниковых колец, элементов металлоконструкций и т.п. В основу технологического процесса мини-стана положен метод прошивки заготовки с последующей раскаткой гильзы в двухвалковом стане винтовой прокатки с направляющими линейками в конических валках с приводом их вращения на выходной стороне стана (рис. 1). Высокое качество достигается: механической порезкой заготовок на мерные длины с точной зацентровкой их переднего торца в холодном состоянии; равномерным нагревом заготовок по

диаметру и длине; точностью и жесткостью установки и удерживания валков, линеек и стержня с оправкой в очаге деформации; расчетными параметрами настройки станка и калибровкой деформирующего инструмента. Применение при раскатке короткой конической оправки позволило существенно повысить управляемость технологическим процессом, прежде всего путем изменения ее положения в очаге деформации. Компактность расположения оборудования, малое время вспомогательных операций и высокая скорость прокатки позволит также эффективно использовать температуру нагрева заготовок. При исходной температуре нагрева +1100...+1150 °C

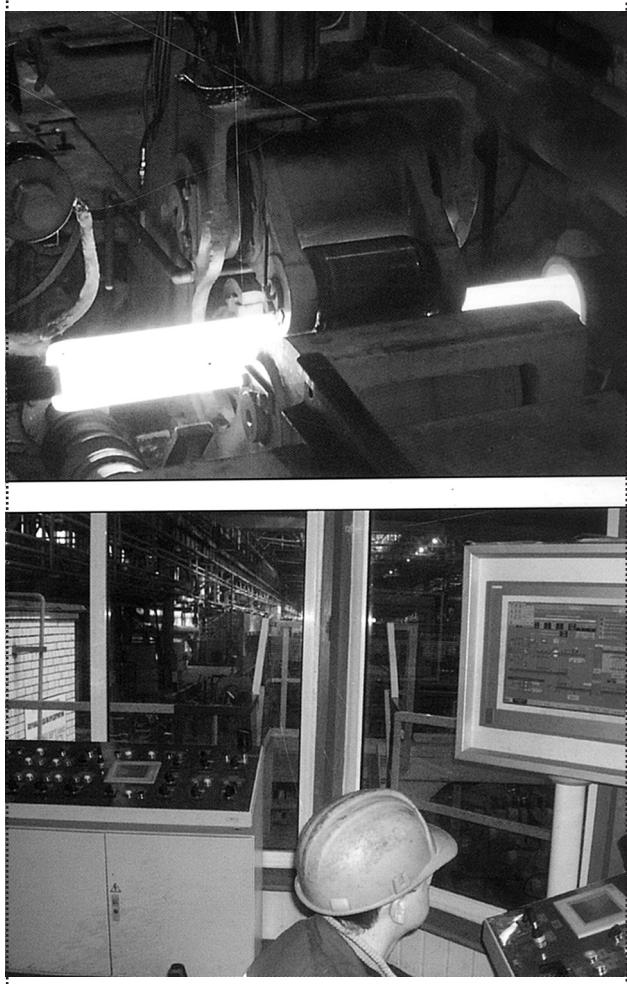


Рис. 1. Двухвалковый стан мобильной трубопрокатной установки и пульт управления станом мод. мини-ТПА

готовая труба поступает в холодильник с температурой $+870\ldots+940^{\circ}\text{C}$, что дает возможность проводить водовоздушную обработку трубы в холодильнике с получением необходимых механических свойств. Диаметр исходной заготовки 80...250 мм, ее длина 1500...3000 мм. Наружный диаметр полой заготовки и трубы 70...270 мм, ее длина до 9000 мм, толщина стенки 6...90 мм. Допустимое отклонение труб от номинального размера по диаметру $\pm 0,5\%$, по толщине стенки $\pm 5\%$. Мощность главных приводов прошивного стана 2×1250 кВт, калибровочного стана 3×90 кВт. Площадь, занимаемая основным оборудованием, 20 000 м². Масса основного оборудования 450 т. Производительность установки 30...100 тыс. т/год в зависимости от номенклатуры.

Стан холодной прокатки труб типа ХПТР350-8 выполнен с торцовой загрузкой заготовки с подачей ее в очаг деформации упором в торец, с передним расположением привода, левого (или правого) исполнения. Прокатка осуществляется возвратно-поступательно перемещающимися калибрами в ручьях переменного сечения на конусной или криволинейной оправке, неподвижной в осевом направлении. При приближении валков к крайним положениям труба освобождается от контакта с ручьями калибров; подача и поворот трубы осуществляются в крайних заднем и переднем положениях клети. В состав оборудования входят машины, осуществляющие основные операции в процессе производства труб: привод перемещения клети; трехвалковая клеть (рис. 2); рычажная система; оборудование участка подачи; промежуточный и передний патроны; стол загрузки; стол приема готовых труб; устройства для подачи и сбора технологической смазки; защитные устройства. Рабочая трехвалковая клеть, предназначенная для получения труб цилиндрического сечения высокого качества с уменьшением исходной разносторонности заготовки, состоит из подвижной силовой станины для восприятия усилий и взаимной ориентации калибров

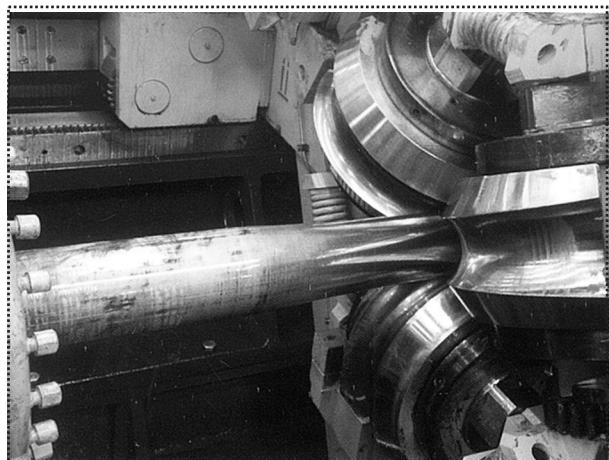


Рис. 2. Трехвалковая клеть стана холодной прокатки труб

в процессе прокатки и подвижной кассеты с размещенными в ней рабочими валами. С обеих сторон клети установлены спрееры с соплами для подачи СОЖ в зону деформации. Подача СОЖ осуществляется отдельно стоящей насосной установкой. Механизм подачи осуществляет импульсную подачу трубы при прохождении кассетой крайних положений (время открытия зева валков) и ускоренное перемещение патрона заготовки назад при перезадрьядке стана. Патрон стержня осуществляет импульсный поворот стержня при прохождении кассетой крайних положений (время открытия зева валков) и удержание его от осевого перемещения при прокатке. Для точной установки оправки в очаге деформации патрон стержня имеет возможность осевого перемещения от привода этого механизма. Стол приема готовых труб осуществляет прием и накопление готовых изделий с последующим удалением пакета труб краном к местам складирования, при этом остановка стана не требуется. Максимальный наружный диаметр заготовки не более 360 мм, ее толщина 5...40 мм, длина 2500...8000 мм, выпуклость заготовки 2 мм/м. Чистота поверхности готовой трубы $Ra = 0,8$ мкм.

Быстро меняющиеся устройства для размещения расхода газа на магистральных и технологических трубопроводах. Монтаж устройства осуществляется фланцами при помощи крепежных элементов. При прохождении газа



через диафрагму показания давления до и после нее сводятся в дифманометры, показывающие расход газа. Простота конструкции устройства позволяет при эксплуатации легко выполнять работу при замене диафрагмы, обеспечивает безопасность работ, точность измерений, экономичность. Условный проход устройств $D_y = 80\ldots700$ мм. Рабочее давление 7,5 МПа, время замены диафрагмы до 20 мин. Эксплуатируется устройство при температуре до -55°C .

Группа компаний "РЭЛТЕК" (г. Екатеринбург) предложила российским и зарубежным потребителям индукционные плавильные установки.

Индукционную плавильную установку мод. УИП-1000-0,5-2,0×2Г вместимостью до 2 т для индукционной плавки черных и цветных металлов токами средней частоты (500 Гц). Установка состоит из тиристорного преобразователя частоты мод. ТПЧП, индукционной плавильной печи мод. ППИ, блока компенсирующих конденсаторов мод. БК, двухконтурной станции охлаждения с ионно-обменным фильтром, пульта дистанционного управления, гидропривода поворота печи с пультом управления, понижающего трансформатора, системы контроля футеровки тигля, узла контроля охлаждающей воды. Мощность установки 1000 кВт. Скорость плавки чугуна 1,8 т/ч, стали 1,6 т/ч. Расход воды 26 м³/ч, электроэнергии до 610 кВт/ч.

Индукционную плавильную установку мод. ППИ-0,3М для плавки магния и магниевых сплавов в атмосферной среде под слоем защитного флюса. В состав установки входят индукционная плавильная печь мод. ППИ, блок компенсирующих конденсаторов мод. БК, пульты дистанционного управления ПДУ и управления наклоном печи и комплект соединительных шинопроводов. Вместимость тигля печи 300 кг, время плавки с горячего тигля 75 мин, мощность печи 120 кВт, питающее напряжение на индукторе печи 220/380 В. Габаритные размеры печи 1840×1614×2130 мм, ее

масса 1,85 т. Охлаждение индуктора установки – воздушное принудительное. Привод наклона печи – электромеханический (мощность приводного двигателя 0,75 кВт).

Индукционную плавильную поворотную установку мод. УИП-3-440-0,5ВЛ с вакуумным литьем для плавки сплавов цветных и ценных металлов с температурой плавления до 2000 °С (в том числе платины). Плавка металла осуществляется в открытом тигле в атмосфере аргона токами высокой частоты, а литье – переворотом системы "тигель–форма" в форму, прогретую и помещенную в вакуумный контейнер под давлением 0,01 МПа. Такая технология позволяет осуществлять литье в формы сложной конфигурации с получением отливок высокого качества. Вместимость печи по меди 0,5 кг, ее мощность 2,7 кВт. Номинальное питающее напряжение печи 220 В. Допустимая температура нагрева металла в графитовом и кварцевом тиглях 1300 °С, в корундовом тигле 2000 °С. Габаритные размеры установки со стойкой и пирометром 400×605×1000 мм, ее масса 18 кг.

Центробежную индукционную плавильную установку мод. УИПЦ-3-440-0,5 (рис. 3) для расплавления и последующего центробежного литья изделий и образцов из высоколегированных и прецизионных сплавов. Плавка металла осуществляется в графитовом или керамическом тигле в среде атмосферного воздуха или инертных газов. Литье производится подъемом тигля к центробежному механизму в предварительно установленную в него форму. При разгоне центробежного механизма жидкий металл под воздействием центробежных сил поступает в литьевую форму. Такой способ заполнения формы обеспечивает возможность применения наиболее сложных форм и получения отливок высокого качества. Вместимость печи по меди до 1 кг, мощность питающего преобразователя до 5 кВт. Питающее напряжение установки 220 или 380 В. Допустимая температура нагрева металла в графитовом и кварцевом тиглях 1300 °С, в корундовом тигле 2000 °С.



Рис. 3. Центробежная индукционная плавильная установка мод. УИПЦ-3-440-0,5

Индукционную вакуумную плавильную установку мод. УИПВ-0,25 для плавки и разливки в вакууме и в среде инертных газов высоколегированных металлов. В установке предусмотрены механизмы и устройства, обеспечивающие загрузку металла в тигель до его наполнения, наклон индуктора печи для слива металла в изложницы, последовательную подачу изложниц под индуктор по мере их наполнения, измерение температуры расплава и давления в камере. Управление технологическим процессом и механизмами осуществляется в ручном или полуавтоматическом режиме. Питающее напряжение установки 380 В. Вместимость тигля по меди 250 кг, максимальная температура в нем 2200 °С, продолжительность плавки 45 мин. Установка, по словам представителей компании, обеспечивает высокую чистоту получаемых металлов.

ООО "ДЕЛКАМ–УРАЛ" (г. Екатеринбург) предложило оригинальные технологические разработки.

Технологию моделирования сварочных процессов – программные продукты SYSWELD, Welding Assembly и Weldplanner компьютерного моделирования процессов сварки. Вместе они охватывают весь процесс проектирования

сварочной технологии, позволяя проводить анализ на каждой стадии разработки (разработка компании ESI Group).

Программа SYSWELD воссоздает сварочные процессы, характерные для всех промышленных сплавов на основе алюминия и сталей. Также возможен анализ специфики поведения различных сплавов, используемых в авиационной и аэрокосмической отраслях. Возможные модели сварки: лазерная, контактная (точечная, шовная), покрытым электродом (ручная дуговая сварка), полуавтоматическая в защитном газе (плавящимся и неплавящимся электродом), под флюсом, многопроходная наплавка, сварка трением, пайка. В результате расчета получается следующая информация: распределение температурных полей в процессе сварки; распределение полей напряжений в процессе и в конце сварки; структура металла сварочного соединения и околошовной зоны.

Программа Welding Assembly определяет коробление любых по сложности конструкций в зависимости от последовательности наложения сварочных швов и поля напряжений в конструкции. Программа позволяет работать с материалом любой толщины.

Программа Weldplanner количественно определяет остаточные сварочные деформации для любых по сложности конструкций, выполненных из листового металла толщиной до 10 мм.

3D сканер Artec^{mm} MH/MHT – видеокамеру, регистрирующую кадры, каждый из которых является объемным изображением. Сканер упрощает процесс сканирования – требуется только обойти объект, постоянно снимая его сканером под переменными углами, в это время сопутствующее программное обеспечение автоматически объединяет все отсканированные кадры в единую сетку. Нет необходимости размещать большое число маркеров по всей поверхности объекта сканирования. Программа использует уникальную геометрию объекта, чтобы выровнять заснятые 3D снимки и склеить их вместе. Благодаря скорости измерения до 500 000 точек/с, 3D сканер выполняет изме-



рение и сбор данных в десять раз быстрее, чем лазерные сканеры, обеспечивая точность до 0,1 мм. Кроме того, сканер использует широкий спектр цветов (до 24 бит), считывая данные о цвете объекта и его геометрии и объединяя их в единую текстурную модель. Разрешение 3D сканера 0,5 мм, поле видимости камеры $30 \times 21^\circ$, рабочее расстояние 0,4...1 м, частота кадров 15 кадров/с, выдержка 0,0001 с. Мощность, потребляемая сканером, 36 Вт, питающее напряжение 12 В. Его габаритные размеры $180 \times 187 \times 260$ мм, масса 1,6 кг.

ЗАО "ТЕККНО" (г. С.-Петербург) демонстрировало на выставке высококачественные пиromетры и другие приборы, изготовленные в Германии.

Пиromетры серии *Marathon*, обеспечивающие неконтактное измерение температуры в режиме реального времени $-40...+3000$ °C. На выставке были представлены одноцветные пиromетры, пиromетры спектрального отношения (двуцветные), оптоволоконные пиromетры, оснащенные программным обеспечением для измерений, установки параметров и калибровки. Пиromетры спектрального отношения обеспечивают быстрые измерения в режиме реального времени в диапазоне средних и высоких температур, что особенно важно для движущихся объектов малых размеров, при нали-

чии дыма или пыли. Оптоволоконные пиromетры позволяют проводить измерения в ограниченном пространстве и в жестких производственных условиях, там где не могут работать другие пиromетры. Измерительный датчик пиromетра монтируется непосредственно в горячей зоне (рис. 4) и соединяется оптоволоконным кабелем с блоком электроники, установленным в более безопасном месте. Для улучшения дистанционного контроля температуры пирометр *Marathon MM* оснащен встроенной видеокамерой. В этом случае видеосигнал передается на монитор наблюдения или на компьютер с программным обеспечением Data Temp Multidrop. Видеофункция осуществляет автофиксацию изображения, документирование измеряемой температуры, в том числе выходящей за пределы заданного диапазона. Встроенный дисплей показывает температуру объекта и в сочетании с оптическим (или лазерным) прицелом помогает нацелить пиromетр и настроить параметры прибора. Термокожух пиromетра имеет встроенную систему воздушного и водяного охлаждения. Также имеется система для монтажа датчиков на стенах печей, включая воздухообдув и защиту оптики. Защитный термокожух прибора допускает его работу при температуре до 315 °C.

Компактный монитор GP панельного исполнения (рис. 5). Все параметры монитора и датчика задаются с передней панели, большой четырехзначный дисплей хорошо читается на расстоя-



Рис. 4. Пиromетр серии Marathon



Рис. 5. Монитор GP панельного исполнения



нии. Монитор имеет такие функции, как расчет и удержание пиковых и средних значений в устанавливаемый оператором интервал времени, сигнализацию по двум задаваемым точкам в устанавливаемом диапазоне. В сочетании с датчиками GPS, GPR, TX, CI система обеспечивает питание датчиков и непрерывное измерение температуры с высокой точностью $\pm 1\%$. Размеры датчиков варьируются от маленьких до миниатюрных, что позволяет устанавливать их практически в любом месте.

Компания Polyteg предложила потребителям оборудование и приборы различного назначения, разработанные за рубежом. Приведем краткое описание лишь некоторых.

Машину мод. OL1600S для литья под давлением алюминиевых, медных и магниевых сплавов, отличающуюся надежной конструкцией и большим размером плит. Повышенная скорость перемещения подвижной плиты на закрытие и открытие позволяет сократить время технологического цикла. Узел прессования имеет компактные размеры и выполнен из модульных гидравлических блоков. Максимальная масса алюминиевой отливки 20,5 кг. Мощность двигателей машины 2×37 кВт. Ее габаритные размеры $11200 \times 3100 \times 4100$ мм, масса 85 кг. Контроль замкнутого контура прессования, программирование кривой скорости прессования и контроль параметров процесса литья способствуют изготовлению сложных изделий высокого качества.

Универсальный прибор мод. DC1000 для контроля параметров прессования машины литья под высоким давлением в реальном времени. Прибор осуществляет контроль и регистрацию следующих технологических параметров: давления прессования; уровня вакуумирования пресс-формы; температуры расплава; температуры теплоносителя на выходе из пресс-формы; температуры пресс-формы; хода и скорости прессующего плунжера во время каждой фазы прессования; времени технологического цикла; массы заливаемого металла. Габаритные размеры прибора $280 \times 180 \times 105$ мм, масса 26 кг. Питающее напряжение прибора 220 В.

Гексагональную гребенку из коррозионно-стойкой стали для измерения толщины влаж-

ного слоя. Угловые зубцы гребенки, выполненной в форме многоугольника, расположены на нулевом уровне. При измерении расстояние между неугловыми зубцами и нулевым уровнем постепенно увеличивается (в зависимости от толщины влажного слоя). Диапазон измерения гребенкой 25...3000 мкм.

Компания Strikowestofen Group (Германия) предложила потребителям *агрегат типа MCM* для переплавки сухой алюминиевой стружки производительностью до 800 кг/ч. На боковой стенке агрегата размещен карман с насосной системой, благодаря которому можно загружать просушенную алюминиевую стружку и подмешивать ее под поверхность расплава. Создаваемый в кармане водоворот затягивает даже самую мелкую алюминиевую стружку.

Компания Giesserle – und Fördertechnic GmbH (Германия) демонстрировала на выставке *поршневой эжектор* – установку для дозированного вдувания пылеобразных и гранулометрических материалов при постоянном давлении транспортного газа. Установка состоит из камерного насоса с пористой перегородкой. Заданное количество транспортируемого гранулометрического материала регулируется приводом поршня, при этом давление транспортного газа остается постоянным. Количество транспортируемого материала регулируется с точностью 0...800 кг/мин. Эта установка имеет приоритеты по сравнению с известными системами вдувания гранулометрических материалов: быстрое реагирование, точное увеличение и сокращение количества транспортируемого материала при вдувании извести, угля, материалов для удаления серы или легирующих элементов в электродуговую или ковшовую печь. Основные узлы установки вдувания: камерный насос вместимостью 5000 л в комплекте с пористой перегородкой для аэрации материалов; система дозирования с поршневым эжектором; устройство взвешивания; аппаратура для регулировки и управления (распределительные клапаны).

Компания Laempe (Германия) показала пескострельные автоматы различного назначения. Приведем краткое описание двух экспонатов.



Пескострельные автоматы серии LCM для изготовления всех частей стержневого пакета за один цикл по методу "литья в стержнях". Автоматы оснащены несколькими независимыми пескострельными головками. Выдача стержневых форм и комплекта внутренних стержней проводится параллельно. Стержневой автомат по своим функциям – это интегрированный стержневой технологический участок. Вместимость одной пескострельной головки до 100 л.

Автоматические технологические стержневые комплексы, адаптированные к быстрой замене номенклатуры изготавливаемых стержней. Комплексы укомплектованы робототех-

ническими системами, работающими по заданной программе, и устройствами замены оснастки в автоматическом режиме, а также системой технического зрения.

Выставку посетило большое число специалистов, она показала, что основой почти любой отрасли промышленности является машиностроение. В рамках выставки была организована международная конференция "Алюминий, сплавы, прокат и профили для промышленности и строительства".

Чл.-корр. Академии
проблем качества

А.Н. Иванов

**12–17 сентября 2011 г. в г. Севастополе состоится
XVIII Международная научно-техническая конференция
"МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА XXI ВЕКА"**

Организаторы конференции: Международный союз машиностроителей и Донецкий национальный
технический университет.

Тематика конференции:

- 1. Практика и перспективы создания и применения прогрессивных и нетрадиционных технологий. Интегрированные технологии. Сборка в машиностроении, приборостроении. Abrазивные и вибраабразивные технологии.
- 2. Механизация и автоматизация производственных процессов. Прогрессивное оборудование.
- 3. Комплексная автоматизация проектирования, подготовки и управления производством. Экономические проблемы техносферы.
- 4. Проблемы создания и применения прогрессивных инструментов и инструментальных материалов.
- 5. Управление качеством продукции и технических систем. Проблемы инженерии поверхностного слоя изделий.
- 6. Современные проблемы машиноведения и деталей машин.
- 7. Современные проблемы инженерии материалов, процессов и материаловедения в машиностроении. Упрочняющие технологии и покрытия изделий машиностроения. Наноматериалы и нанотехнологии.
- 8. Вопросы моделирования и расчетов технических систем.
- 9. Специальная техника и технологии техносферы. Экологические проблемы техносферы.
- 10. Современные проблемы инженерного образования. Европротиворечия в образовании.

Адрес оргкомитета

Украина, 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ГВУЗ ДонНТУ, кафедра "Технология машиностроения", Оргкомитет

Тел/факс: +38 062 305-01-04, +38 062 301-08-05; Моб. тел.: +38 050 620-23-96

E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua или mntk21@mail.ru

http://donntu.edu.ua/ukr/7/konf/sevastopol/about.htm http://iumb.donntu.edu.ua http://www.dgtu.donetsk.ua

Михайлов Александр Николаевич – председатель,

Голубов Николай Васильевич – ученый секретарь,

Лахин Алексей Михайлович – технический секретарь

ООО "Издательство Машиностроение", 107076, Москва, Строгинский пер., 4

Учредитель ООО "Издательство Машиностроение".

Адрес электронной почты издательства: E-mail: mashpubl@mashin.ru;

редакции журнала: sborka@mashin.ru; tsmm@mashin.ru http://www.mashin.ru

Телефон редакции журнала: (499) 268-38-42; тел./факс (499) 268-85-26; факс 269-48-97.

Технический редактор Жиркина С.А. Корректоры Сажина Л.И., Сонюшкина Л.Е.

Сдано в набор 10.03.11 г. Подписано в печать 16.05.11 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,55. Заказ 273. Свободная цена.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО "Издательство Машиностроение".

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика", 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, д. 15.



ООО "ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ"

представляет новые журналы

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

НАУКОЁМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Выходит с июля 2011 г.

E-mail: naukatm@mashin.ru, naukatm@yandex.ru

ЖУРНАЛ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ ТОЛЬКО ПО ПОДПИСКЕ!

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:

79195 – по каталогу агентства "Роспечать";

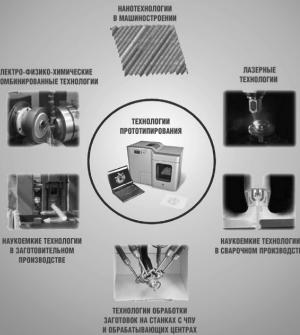
39536 – по объединенному каталогу "Пресса России";

10808 – по каталогу "Почта России"

НАУКОЁМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

1(01)/2011



Впервые в нашей стране появился журнал, полностью посвященный наукоемким технологиям по всем переделам в машиностроении от производства материалов до утилизации. В нем публикуются материалы о новейших наукоемких технологиях, разработанных как у нас в стране, так и за рубежом. Приводится опыт реализации таких технологий в передовых зарубежных фирмах. Журнал ориентирован на инженерно-технических работников и специалистов научно-исследовательских институтов, занимающихся технологической подготовкой производства, изготовлением и ремонтом изделий машиностроения. Журнал также рекомендуется для студентов, магистров, аспирантов и профессорско-преподавательского состава технических вузов.

ТЕМАТИКА ЖУРНАЛА

- Наукоемкие технологии при производстве машиностроительных материалов
- Наукоемкие технологии при производстве отливок
- Наукоемкие технологии при изготовлении заготовок обработкой давлением
- Наукоемкие технологии в сварочном производстве
- Технологии обработки заготовок на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах
- Функционально-ориентированные технологии в машиностроении
- Модульные технологии в машиностроении
- Лазерные технологии в машиностроении
- Электро-физико-химические и комбинированные технологии
- Нанотехнологии в машиностроении
- Технологии прототипирования
- Наукоемкие технологии модификации поверхностных слоев деталей машин
- Наукоемкие технологии при сборке машин
- Наукоемкие технологии при эксплуатации, ремонте и утилизации машин

Объем журнала 48 полос

Телефон редакции: (499) 268-26-87. Факс: (499) 269-48-97 (работает круглосуточно)

<http://www.mashin.ru>

Адрес: 107076, Москва, Стромынский пер., д. 4,

ООО "Издательство Машиностроение"