# РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

'4
2018

## Highspeed Eco: сверхбыстро, сверхэкономично

Страница **10**

TRUMPF

# СТАНКИ ДЛЯ РЕЗКИ И РАСКРОЯ ЛИСТОВЫХ И РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

## СЕРИЯ МЛ35-КОМПАКТ

## Разработано и произведено в России

- Специально для резки трансформаторной стали
- Поле обработки: до 1500х1500 мм
- Резка рулонных металлов и заготовок в ½ листа
- Волоконный лазер от 700 до 4000 Вт
- Подходит для установки в помещениях ограниченной площади
- Линейные двигатели российской разработки и производства

**Мы участвуем в «Металлообработке-2018»!**

Стенд 3А20

ГРУППА КОМПАНИЙ
ЛАЗЕРЫ
И АППАРАТУРА

www.laserapr.ru • sales@laserapr.ru • +7 (499) 645 61 22

# CoroCut® QF

## Новая концепция для надёжной обработки торцевых канавок

14-18 мая 2018
МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2018
«Экспоцентр», Москва, Россия
Ждём вас в пав. 7, зал №5, стенд 75В10

www.sandvik.coromant.com/CoroCutQF

SANDVIK Coromant

141400, РФ, Московская область,
г. Химки, ул. Спартаковская,
д. 5/7, офис 4
(495) 105-93-70, 133-87-25
INVESTSTANOK.RU

# ООО «ИНВЕСТ-СТАНКО»

металлообработка
компетентность и успех

## КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

FW/FU 350/450 MR

FSS 350/450 MR

FU 450 MRApUG

FSS 350/450 TNC

## ПРЕССЫ ДЛЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

**Прессы серии KE**
идеальные решения для крупносерийного производства

**Пресс E30**
с компактной конструкцией

**Гидравлические прессы серии S**
Универсальные и мощные

komage

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕССОВАНИЯ ДЛЯ КАЖДОГО КЛИЕНТА – СДЕЛАНО В ГЕРМАНИИ

## СТАНКИ СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

новая адаптивная система ЧПУ с гибридным управлением (ручное + УЧПУ)

**Горизонтально-расточной**
2А614, 2А622,2А636, 2А637, 2А656

**Координатно-расточной**
2Е460, 2Е470

**Токарно-карусельный**
1512, 1516, 1Л535, 1550, 1563

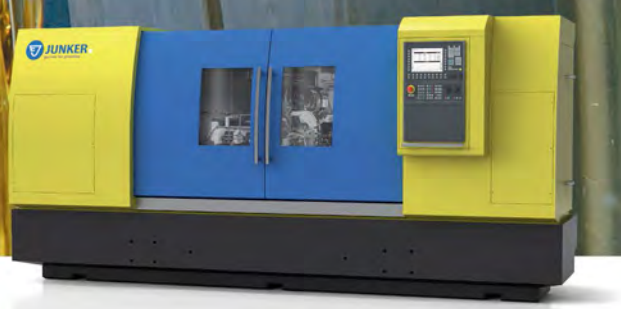
# УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ, ДОВЕДЕННАЯ ДО СОВЕРШЕНСТВА

JUNKER GROUP

**МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2018**
Москва, 14.05. – 18.05.2018
Павильон 2, зал 2, стенд C26

## УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ С ПРЕДЕЛЬНОЙ ТОЧНОСТЬЮ

Высокоскоростное шлифование с QUICKPOINT объединяет знаменитую точность JUNKER с максимальной универсальностью. Станки QUICKPOINT отличаются универсальностью применения, одновременно поражая своей производительностью. Результат: эксплуатационная гибкость и высочайшие конечные результаты.




**ERWIN JUNKER**
**GRINDING TECHNOLOGY A.S.**
**RUSSIA BRANCH OFFICE**

Проспект Толбухина, д. 17/65
150000 г. Ярославль
Российская Федерация
+7 (4852) 20 61 21
info@junker-russia.ru

**СЕРВИС JUNKER ПРЕМИУМ-КЛАССА:**

- Гарантированные сервисные услуги
- Быстро и компетентно
- 24 часа в сутки, 7 дней в неделю
- Сервисная сеть по всему миру

**WWW.JUNKER-GROUP.COM**

JUNKER
partner for precision

# СОДЕРЖАНИЕ


10
Highspeed Eco: сверхбыстро, сверхэкономично/ Highspeed Eco: superfast, super economical

18
Технологии машиностроения в условиях новой модели развития / Machine-building technologies in the conditions of a new model of development

26
Техническое перевооружение предприятий ракетно-космической промышленности / Technical re-equipment of enterprises of rocket and space industry

36
Определение технологичности обечайки с вафельной конструкцией / Determination of technology of the shell with wafer design

38
Оптимизация 3D-печати на станке с ЧПУ / Optimizing 3D-printing on a CNC machine

42
Speed Viper: новое измерение высокопроизводительного обкатного зубошлифования / Speed Viper: a new dimension of high-performance generating gear grinding

50
Рынок лазеров и лазерных технологий обработки материалов / Market of lasers and laser technologies for processing materials

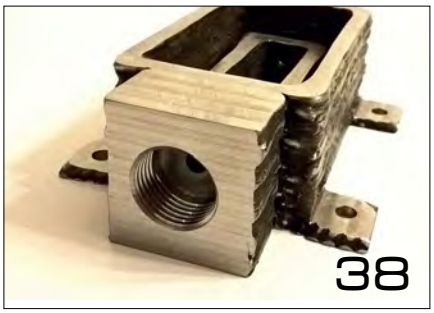
58
Способ индуктивной закалки и отпуска деталей в фиксированном состоянии / A method of inductive hardening and tempering of parts in a fixed state

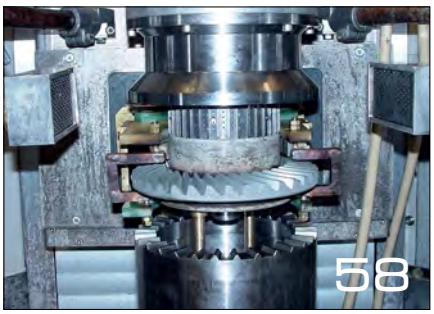
62
Адаптивные импульсно-дуговые методы сварки/ Adaptive pulse-arc welding methods

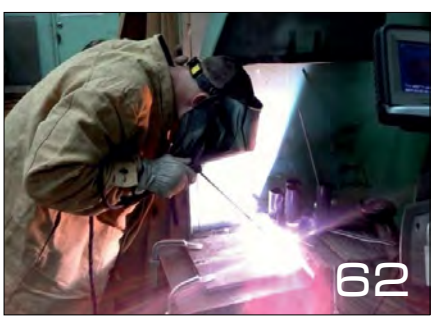
78
Технологический форум по глубокому сверлению – максимально широкий охват узкоспециальной темы /Technology Forum on deep drilling – the widest possible coverage of a highly specialized topic

80
Криогенное упрочнение – гарантия оптимизации инструмента / Cryogenic strengthening – guarantee optimization of the tools

86
Разброс стойкости твердосплавного инструмента / Disperse of the tool life of the sintered-carbide tools







Издатель ООО «ПРОМЕДИА»
директор О. Фалина
главный редактор
М. Копытина
выпускающий редактор
Т. Карпова
дизайн-верстка
С. Куликова
руководитель проектов
З. Сацкая
менеджер по распространению
Е. Ерошкина
Отдел рекламы:
П. Алексеев, Е. Пуртова
Э. Матвеев, О. Стелинговская

консультант В.М. Макаров
consult-ritm@mail.ru

**АДРЕС: 101000, Москва**
**Милютинский пер., 18А, оф. 36с**
**т/ф (499) 55-9999-8**
**(многоканальный)**
**e-mail: ritm@gardesmash.com**
**http://www.ritm-magazine.ru**

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-63556.
(До 09.2015 журнал "РИТМ")
Тираж 10 000 экз.
Распространяется бесплатно.


Перепечатка опубликованных материалов разрешается только при согласовании с редакцией.
Все права защищены ®
Редакция не несет ответственности за достоверность информации в рекламных материалах и оставляет за собой право на редакторскую правку текстов. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

ОАО «СКБ ИС»
Специальное конструкторское бюро
измерительных систем

SKBIS

# СДЕЛАНО В РОССИИ

## Устройство цифровой индикации

# ЛИР-540

- Одновременная индикация от 2-х до 4-х осей
- Высококонтрастный черно-белый TFT-дисплей с увеличенными углами обзора
- Защищенный металлический корпус
- Предустановка размера
- Поиск центра между двумя точками
- Наличие дискретных входов/выходов для организации измерительных циклов
- Возможность измерения и индикации скорости (например, скорость вращения шпинделя)
- Широкий диапазон питающих напряжений постоянного или переменного тока
- Интерфейс USB2.0 для связи с ПК

www.skbis.ru +7(812)334-17-72 lir@skbis.ru

# РЕКОНСТРУКЦИЯ

6 марта прошла церемония открытия механоштамповочного цеха, давшего в 1942 году начало Сарапульскому электрогенераторному заводу (СЭГЗ). Реконструкция проводилась два года в соответствии с программой развития СЭГЗ на период 2016–2020 годов. Стоимость выполненных работ по ремонту составила более 242 млн рублей.

В самом старом на предприятии корпусе произвели капитальный ремонт с заменой инженерных коммуникаций, было приобретено и установлено 9 единиц оборудования на общую сумму 143 млн рублей, в том числе лазерный комплекс STIEFELMAYER, современная энергосберегающая автоматизированная модульная компрессорная станция для снабжения всего корпуса сжатым воздухом, пресс-автомат, исключающий ручную штамповку. Проведенная работа расширит возможности завода в области производства как гражданской, так и специальной техники.

**http://segz.ru/**

# КОМПОЗИТЫ ДЛЯ АВИАСТРОЕНИЯ

Специалисты ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ОАК) совместно с Институтом новых углеродных материалов и технологий запустили в Воронеже новое производство композитных материалов, которые будут применяться в современных самолетах отечественного производства. «Инвестиции в создание новой технологии превысили 300 миллионов рублей. Министерство образования и науки выделило субсидии в размере 154 миллионов рублей, еще около 160 миллионов инвестировало Воронежское акционерное самолетостроительное общество», — рассказали представители ОАК.

**http://rus.vrw.ru**

**ООО «ПОЛИТЕКСТ»** —
технически грамотные **ПЕРЕВОДЫ**
с немецкого и английского языков
в области металлообработки с 1994 г.
**ВЕРСТКА**, **ТИРАЖИРОВАНИЕ**.
Мы не обещаем, что можем все,
мы выполняем все, что обещаем!
**info@polytext.ru** | **www.polytext.ru**
**8-925-175-51-53**

# ЭКОЛОГИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

14 марта на Казанском вертолетном заводе открылся новый цех гальванического производства. Объем инвестиций в проект составил 2 млрд рублей, из которых 70% — это собственные средства, а 30% получены из федерального бюджета. Модернизация производства даст заводу возможность повысить производительность труда на 15%.

Размещенная в новом корпусе станция очистки сточных вод с современным насосным оборудованием повысит экологичность производства и позволит сэкономить около 2,3 млн рублей в год. Новая технология позволит возвращать 87% сточных вод в технологический процесс и сэкономить до 40% энергоресурсов. Объем выбросов в городскую канализацию планируется уменьшить на 91%.

Строительство нового корпуса также позволило сократить на 27% производственную площадь.

**http://m.tatar-inform.ru**

# ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ

13 марта в Ульяновске ООО «Сталелитейная компания «Памир» запустила цех по производству чугунного литья. По информации специалистов Корпорации по развитию предпринимательства Ульяновской области, расширение производства должно снизить зависимость отечественных производителей от импорта из Китая и Индии. Продукция, в частности, будет поставляться Ульяновскому станкостроительному заводу немецко-японской компании DMG Mori.

Сейчас на производстве трудится 62 человека, в дальнейшем число рабочих планируется увеличить до 120. Общая стоимость проекта составляет более 300 млн рублей, из которых 65 млн предоставит Фонд развития промышленности, 45 млн составят федеральные средства, 20 — региональные.

**https://ulpressa.ru**

# G-Серия

## Точность на высшем уровне

Максимально высокая точность и надежность — это то, что отличает 5-осевые универсальные обрабатывающие центры GROB для автомобильной, авиационной, медицинской и инструментальной отраслей промышленности, а также для общего машиностроения. Зарекомендовавшая себя технология 5-осевой непрерывной обработки с горизонтальным расположением шпинделя обеспечивает гибкую и безотказную обработку деталей из самых различных материалов в большом диапазоне размеров при максимальной жесткости станка. Короткое время «от стружки до стружки» и инновационные усовершенствования шпиндельных технологий гарантируют высокую рентабельность и производительность.

**ПРИХОДИТЕ К НАМ НА ВЫСТАВКУ МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2018 с 14 по 18 Мая 2018.**
**Наш стенд находится в павильоне 2.2, номер стенда 2.2A27**

**www.grobgroup.com**

GROB

# НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭРОЗИИ

В этом году ведущий российский разработчик и производитель высокоточных станков с ЧПУ для электроэрозионной обработки материалов НПК «Дельта-Тест» представит на московской выставке «Металлообработка–2018» сразу несколько обновлений серийного ряда оборудования «АРТА».

Во-первых, станок АРТА С63 продемонстрирует конструкцию прошивочного комплекса с применением прецизионного глобусного стола собственной разработки. Новое решение открывает возможности обработки ранее недоступных конфигураций геометрии изделий и перспективную технологию микроэрозионного 3D-фрезерования.

Существенно изменился внешний вид и функционал самой технологичной и точной проволочно-вырезной модели станка АРТА 454 С — основной экспортной машины. Обновление дизайна в первую очередь связано с требованиями соответствия директивам CE. Кроме того, в 1,8 раза уменьшилась занимаемая площадь дополнительного оснащения комплекса за счет глубокой модернизации гидроагрегата с полностью цифровым автоматизированным управлением, включая программное регулирование давления прокачки рабочей жидкости, конструктивно интегрированным холодильником-термостатом.

Также будет представлен ряд новых специальных технологий электроэрозионной обработки, среди которых профилирование дискового алмазного инструмента проволочным электродом с применением специального поворотного механизма, микропрошивка сверхтонкими электродами от 40 мкм.

Традиционно все комплексы будут демонстрироваться в рабочем режиме.

Экспозиция компании будет представлена на стенде **№ 21D40** в павильоне 2.1 ЦВК «Экспоцентр» с 14 по 18 мая.

# ВЫШЛИ НА ПЕРВОЕ МЕСТО

Московская область занимает первое место по количеству действующих и создаваемых индустриальных парков, технопарков. Здесь размещен 41 индустриальный парк, 16 технопарков и 2 особые экономические зоны, из которых ОЭЗ «Дубна» занимает первое место в России по инвестиционной привлекательности.

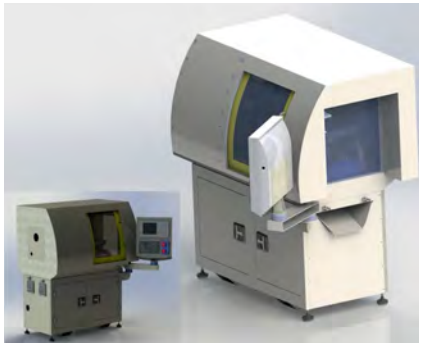
«Сейчас правительством Московской области завершается формирование еще двух кластеров: электротехнического промышленного кластера и межрегионального промышленного кластера «Композиты без границ» на территории Московской, Саратовской областей и Республики Татарстан», — сообщил заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации Алексей Беспрозванных и предложил инвесторам активнее использовать те меры поддержки, которые предоставляются Минпромторгом России.

В 2017 году 77 предприятиям Московской области по линии Минпромторга были выделены субсидии на сумму 4,5 млрд рублей. И это 10 показатель среди субъектов Российской Федерации.

**http://minpromtorg.gov.ru**

# ПО ПРОГРАММЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Новый мини-токарный станок с ЧПУ АСС 16 ФЗ был создан на Алтайском геофизическом заводе в сотрудничестве с Алтайским государственным техническим университетом имени Ивана Ползунова и Новосибирским государственным техническим университетом. АСС 16 ФЗ незаменим для оснащения предприятий приборостроения, точного машиностроения, спецпроизводства, которым необходимо обеспечить изготовление малоразмерных деталей повышенной точности в относительно небольшом количестве, например, при организации нового производства, для создания тестовых и предсерийных образцов.



Грант, выделенный в рамках инвестиционного проекта «Создание нового производства линейки металлообрабатывающих станков с ЧПУ», позволил не только отработать технологические аспекты создания станков, но и наладить их производство. Первую партию — 10 единиц — реализуют по сниженным ценам в связи с государственной поддержкой, оказанной предприятию Минпромторгом России.

**https://sdelanounas.ru**

# ЦЕНТР СВАРКИ В ПЕТРОЗАВОДСКЕ

Компания «АЭМ-технологии» (входит в машиностроительный дивизион Росатома «Атомэнергомаш») открыла на территории своего филиала «Петрозаводскмаш» центр сварки. Это первая часть научно-образовательного технологического комплекса, который создается совместно с Петрозаводским государственным университетом в целях подготовки кадров, проведения научно-исследовательских работ и реализации инновационных проектов.

Хочется отметить, что сотрудничество «Петрозаводскмаша» и ПетрГУ на протяжении последних 10 лет привело к реализации совместных проектов на сумму свыше 0,5 млрд рублей.

**www.aemtech.ru**

# ГАЗЫ ДЛЯ РЕГИОНА

Томская компания «Криогенмаш-Газ» запустила завод по производству технических газов. Новое производство полностью закроет потребность местных компаний, а основным покупателем будет завод — производитель полимеров «Томскнефтехим» (ТНХ, предприятие СИБУР»).

Установка разделения газов произведена в городе Балашихе Московской области. Все оборудование российское, за исключением компрессоров. Она производит около 8 тыс. кубометров газообразного азота в час, 17,5 тыс. сухого сжатого воздуха в час, а также от 2 до 4 тонн жидкого кислорода в час и еще примерно 130 кг в час жидкого аргона. В производстве используется воздух из окружающей атмосферы.

«Инвестор вложил в этот завод почти 1,5 миллиарда рублей, мы, в свою очередь, предоставили налоговые льготы. И так будет всегда», — сказал на церемонии открытия губернатор Томской области Сергей Жвачкин.

**https://sdelanounas.ru**

# НОВИНКА ГАЗОРЕЗКИ

Производитель газопламенной аппаратуры внутрисоплового смешения газов «НОРД-С»® воронежский механический завод «Сталь» представляет новую линейку инжекторных резаков для ручной кислородной резки Р1 «Сталь» и Р3 «Сталь». Резаки предлагаются в различной комплектации: пропановые, ацетиленовые и комбинированные.

В стандартную комплектацию входят три мундштука (один наружный и два внутренних), а также элементы подсоединения (два ниппеля и две гайки). Новинку отличает экономичный расход газа и кислорода, рукоятка удобной формы из высокопрочного материала, приемлемая цена. Смесительная камера собственной разработки гарантирует безопасную эксплуатацию продукции. Индивидуальная упаковка обеспечивает сохранность резаков при складировании и транспортировке.

Новая серия, по мнению производителя, станет достойной альтернативой представленным на рынке товарам, в частности дешевым ненадежным китайским и псевдороссийским резакам. А в рамках государственного курса на замещение импорта серийный выпуск классического инжекторного резака по ГОСТ 5191–79 особенно актуален.

**www.nord-s.com**



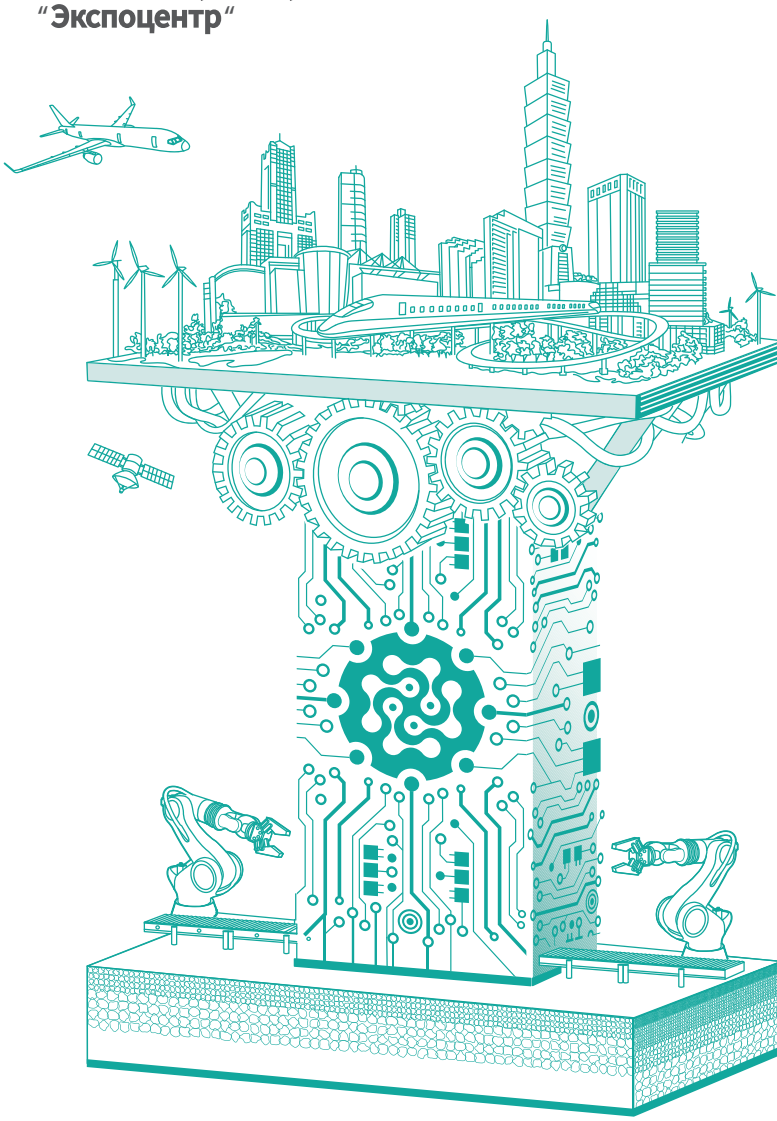
TAIWAN
SMART MACHINERY

THE
HEART OF
INTELLIGENCE

**15 мая 10:30**
Презентация станков и
оборудования из Тайваня

**14–18 Мая**
Павильон Тайвань / Продукция из Тайваня

**Металлообработка-2018**
**Павильон 7, зал 4, B80-C80**
**"Экспоцентр"**



**Тайвань: технологии будущего зарождаются здесь**

Organized by
Bureau of Foreign Trade, MOEA
Taiwan External Trade Development Council
TAITRA
Corporate Synergy Development Center
www.twmt.tw

# ФОРМИРУЕМ БУДУЩЕЕ

Какие бы определения ни давали цифровой трансформации производства, связанной с реализацией концепции «Индустрия 4.0», одно можно сказать точно: надежная и всеохватывающая система коммуникаций является фундаментальным началом для успешной организации любого «умного» производства. Основная идея заключается в улучшении всего технологического процесса — от планирования и проектирования до механообработки и последующего анализа. Конечная цель данной трансформации — заставить станки, программное обеспечение и режущие инструменты взаимодействовать таким образом, чтобы они смогли собирать и передавать информацию между собой на каждом этапе производства.

Технические специалисты Sandvik Coromant активно работают над созданием решений для цифрового взаимодействия. Так, разработанная ими платформа CoroPlus® от Sandvik Coromant позволяет снизить временные затраты на планирование и проектирование. Инструменты с датчиками и IoT-устройства (от англ. Internet of things — интернет вещей) позволяют отслеживать выполнение обработки и принимать взвешенные решения по оптимизации процессов на производстве.

Появление открытых систем, построенных вокруг стандартных API (интерфейс прикладного программирования) и протоколов, в конечном счете устранит барьеры для качественного взаимодействия производственных систем и упростит сбор и последующий анализ важных данных. Например, система CoroPlus® ToolGuide позволяет узнавать значения скоростей резания и подач для инструментальной сборки одним нажатием кнопки, даже не выходя из CAM-программы. Для подключения к программному оборудованию CAM в этом решении используется как раз открытый интерфейс для программирования приложений (API). Существует также MTConnect — производственный протокол взаимодействия с открытым исходным кодом, благодаря которому можно настроить обмен данными между заводским оборудованием, датчиками и ПО от различных поставщиков. MTConnect позволяет осуществлять мониторинг и собирать данные в едином формате со станков различных производителей. Уже разработаны решения, позволяющие повысить уровень контроля за процессом обработки путем внедрения аппаратных и программных решений в свой станок. Система CoroPlus® ProcessControl помогает выявлять столкновения и осуществляет мониторинг работы режущего инструмента и состояния станка с формированием отчетов. Ведь давно известно, что качественная аналитика способствует не только повышению производительности, но и снижению себестоимости обработки.

Совсем скоро, в ближайшем будущем, операторы смогут удаленно регулировать, контролировать и отслеживать процессы обработки — в буквальном смысле на режущей кромке. Используя стойку управления станка или даже интерфейс смартфона или планшета для изменения ключевых параметров обработки, можно значительно сократить время настройки новой операции. Готовая система удаленной наладки позволит адаптировать уже настроенный процесс до его полной оптимизации. В перспективе использование цифровых решений совместно с собранными данными со всех частей станка даст возможность строить системы, способные к самооптимизации с минимальным перепрограммированием или вмешательством оператора, а может быть, и вообще без него.

# formnext

Международная выставка и конференция
производственных технологий будущего.
Франкфурт, Германия, 13-16 ноября 2018
formnext.com

## Новые идеи. Новые возможности. Новые рынки.

Есть люди, которым нужны ваши идеи. Благодаря вашему опыту они приобретут форму и смогут воплотиться в инновационные продукты. Представьте свои решения на formnext – международной выставке и конференции по аддитивному производству и „умным" технологиям будущего.

## Where ideas take shape.

@formnext_expo
#formnext

mesago
Messe Frankfurt Group

# HIGHSPEED ECO: СВЕРХБЫСТРО, СВЕРХЭКОНОМИЧНО

Основные вызовы, с которыми приходится сталкиваться пользователям лазерных станков, оснащенных твердотельными резонаторами при резке азотом, — это высокая стоимость газа, необходимость обеспечивать его подачу под высоким давлением, а также ограниченный спектр толщин.

В связи с чрезмерно высокими ценами на азот зачастую потенциал станков с твердотельными лазерными источниками не удается раскрыть до конца; в то же время спектр толщин обрабатываемого металла при резке плавлением серьезно ограничен, а значит, ограничены и возможности получить чистый рез без окалины, которая свойственна резке кислородом.

## Highspeed Eco
## БЫСТРАЯ РЕЗКА ПРИ МЕНЬШЕМ ПОТРЕБЛЕНИИ ГАЗОВ

Функция Highspeed Eco — это очередной качественный шаг компании TRUMPF в направлении удешевления процесса лазерного раскроя одновременно с повышением производительности станка. Предшественником была функция Highspeed, без приставки «Eco», которая позволяла добиться совокупного эффекта от применения оптимизированного сопла и адаптированных под конкретный режим резки технологических параметров станка.

Разработанное компанией TRUMPF новое специальное закрытое сопло изолирует область реза и тем самым минимизирует потерю газа. Таким образом удается до 70% уменьшить потерю газа в сравнении со стандартными соплами, одновременно увеличивая производительность станка в 2 раза. Максимальная толщина обрабатываемой конструкционной стали увеличивается до 12 мм при использовании азота в качестве режущего газа, т. е. без эффекта окисления кромки, свойственного резке кислородом. При этом одно-единственное сопло позволяет обрабатывать толщины от 4 мм и выше.

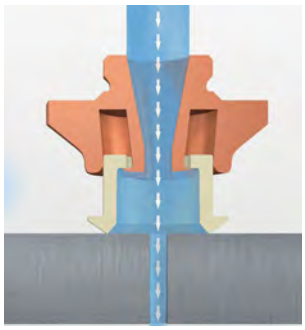
Сопло представляет из себя модульную конструкцию, что позволяет менять его элементы по отдельности и тем самым экономить на расходниках.

## МЕНЬШЕ ГАЗА, ВЫШЕ СКОРОСТЬ

За счет своей закрытой конструкции функция Highspeed Eco позволяет уменьшить потребление режущего газа до 70% в сравнении со стандартными режимами резки.

*Стандартное сопло*

Для того чтобы удалить расплав металла, возникающий в процессе нагрева лазерным лучом, требуется подача газа в щель реза под высоким давлением (~ 22 bar). Но в связи с тем, что стандартное сопло находится на определенном удалении от листа, значительная часть газа для резки расходуется впустую.



*Контактное сопло Highspeed Eco*

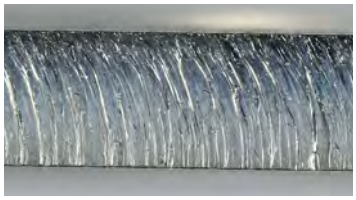
Муфта сопла плотно прилегает к листу и таким образом изолирует области реза, что позволяет снизить потерю газа и уменьшить его давление до необходимого минимума (10 bar).

## ВЫШЕ СКОРОСТЬ — ХУЖЕ КАЧЕСТВО?

**Конструкционная сталь Стандартный режим 4 мм ($N_2$)**

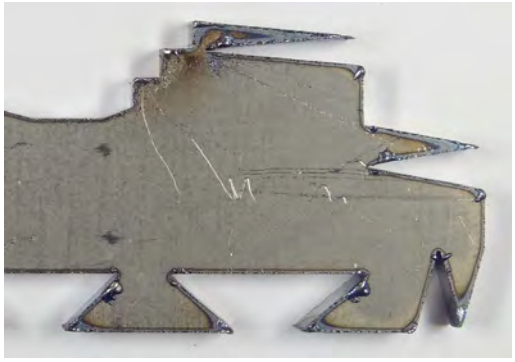
**Нержавеющая сталь Стандартный режим 4 мм ($N_2$)**

**Конструкционная сталь Highspeed Eco 4 мм ($N_2$)**



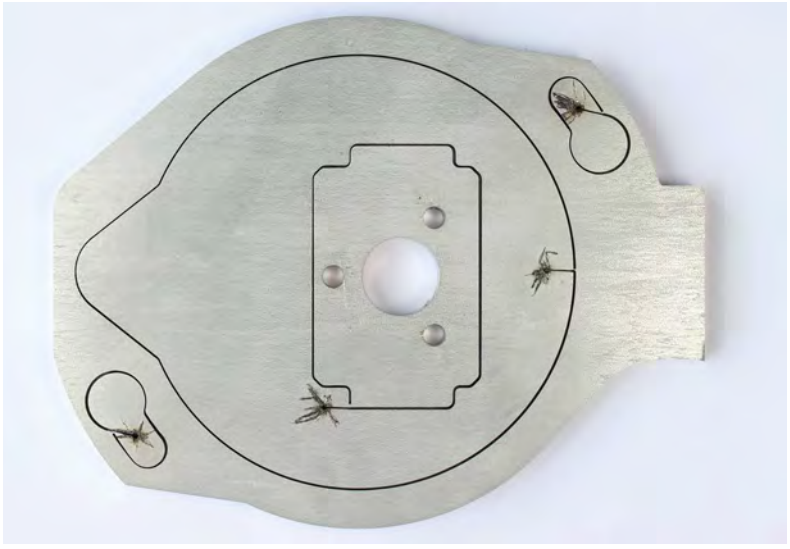
**Нержавеющая сталь Highspeed Eco 4 мм ($N_2$)**

Как правило, такой вопрос задает себе каждый владелец бизнеса, имеющий дело с листовым металлом. Соблюдать баланс скорости и качества вынуждено большинство пользователей лазерных раскройных комплексов, т. к. зачастую эти понятия прямо противоположны: нужна скорость обработки — жертвуем качеством кромки; требуется качество — жертвуем скоростью. Функция Highspeed Eco позволяет уйти от непростого выбора, по крайней мере на средних толщинах. Невзирая на существенную прибавку в скорости подачи, качество получаемой кромки реза даже улучшилось в сравнении со стандартными режимами резки. Лишь на толщинах свыше 10 мм возможно появление небольшой окалины, что в большей степени зависит от качества металла.



**Конструкционная сталь. Стандартный режим 8 мм ($N_2$)**

**Конструкционная сталь Highspeed Eco 8 мм ($N_2$)**



**Нержавеющая сталь Highspeed Eco 10 мм ($N_2$)**

Таким образом, очередная новинка от TRUMPF решает сразу две хронические проблемы, связанные с лазерной резкой листового металла: увеличение скорости обработки без потери качества и существенное снижение потребления дорогостоящего азота. С функцией Highspeed Eco вы сможете резать больше деталей гораздо быстрее и без потери качества, а значит, дешевле.

# С ГОРДОСТЬЮ И НАДЕЖДОЙ

Россия сильна далеко не только своим оружием и военным потенциалом или неисчерпаемыми сырьевыми ресурсами, в первую очередь она сильна уникальными кадрами, которые способны создавать на нашей территории свежие технические решения, готовые конкурировать с западными образцами. Самое сложное в России — наладить поточное производство со стабильным качеством продукции. Но сегодня эта ситуация меняется.

## ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Никаких сомнений в том, что российское машиностроение должно сделать решающий экспортный рывок, не осталось после исторического послания президента России Владимира Путина Федеральному собранию, которое он огласил в начале марта текущего года. Президент уделил значительное внимание российской промышленности, подчеркнув, что ее активное развитие — один из необходимых стране факторов общего роста экономики.

«*Еще один источник роста — это развитие несырьевого экспорта, — заявил В.В. Путин. — Нужно снять здесь все административные барьеры, создать режим наибольшего благоприятствования для тех компаний, которые работают и выходят на внешние рынки. В течение шести лет мы должны практически удвоить объем несырьевого, неэнергетического экспорта до $250 млрд*».

При этом в общем объеме планируемого экспорта на поставку продукции машиностроения президент отвел пятую часть — около 50 миллиардов долларов в год. По итогам прошлого года весь объем несырьевого экспорта оценивался в 130 миллиардов, а это значит, что впереди у российской машиностроительной промышленности очень много работы и, будем надеяться, много побед, предпосылки которых хорошо просматриваются уже сегодня.

## СТАРТОВЫЕ ПОЗИЦИИ

Ни для кого не секрет, что за многие советские и постсоветские десятилетия в нашей стране сформировалось четкое представление о том, что все сделанное на Западе, а порой и на Востоке, очевидным образом превосходит то, что сделано здесь. Это мнение, отчасти оправданное в области бытовых продуктов, укрепилось настолько сильно, что и сегодня, когда многое изменилось внутри страны, изменить его готовы далеко не все. Безусловно, российское производство развивается не слишком ровно, и часть материалов так или иначе приходится ввозить из-за рубежа.

В России уже налажено производство большой номенклатуры различных расходных материалов — от средств индивидуальной защиты, не уступающих лучшим западным аналогам, до абразивных материалов, твердосплавных борфрез и прочей оснастки, дающей фору не только юго-восточным, но и некоторым европейским брендам. Чуть хуже обстоят дела с высокотехнологичной продукцией, производство которой требует участия различных областей промышленности, разработки инженерных решений и больших мощностей.

Тем не менее современное развитие технологий, глобальность рынка и, главное, огромный инженерный потенциал российских специалистов подсказывают, что практически полное отсутствие высокотехнологичных производств в России вызвано не абсолютным превосходством западных компаний или невозможностью создания в России успешных заводов, работающих по мировым стандартам, а банальным страхом и нежеланием приложить максимальное количество усилий для достижения высоких результатов. Конечно, существуют и объективные причины, но в реальности в нашей стране уже работает ряд предприятий, выпускающих продукцию мирового уровня и готовых удовлетворить потребности не только российского, но и мирового рынка. Причем работают они при полной поддержке федеральных и региональных властей.

## ОДИН ПРИМЕР

Важная тема, которую нельзя не затронуть, говоря о развитии внутреннего производства, — это политика импортозамещения, которая постепенно развивается, стимулируя отечественную промышленность. В 2014 году провозглашение этой политики стало поворотной точкой для компании «Коско»: мы приняли решение создавать собственное производство ленточнопильных станков, которые будут отвечать всем требованиям отечественной промышленности и сделают ее менее зависимой от импорта. Как показала практика, это решение было абсолютно правильным, и сегодня мы располагаем на территории нашей страны полноценным производством ленточнопильных станков и пильных полотен, которые вступают в борьбу и за зарубежных клиентов.

Такое развитие событий замечательно укладывается в обратную сторону импортозамещения, подразумевающего не только замену импортных товаров на отечественные на внутреннем рынке, но и активную экспансию за пределами страны. Сегодня «Коско» — это стабильно развивающаяся компания, которая предлагает своим клиентам широчайший выбор современных конкурентоспособных станков и расходных материалов, сделанных в России, а не в дорогой еврозоне. Все это в сочетании с нашим опытом и индивидуальным подходом, позволяющим выпускать специальные версии станков, рассчитанные на конкретного клиента, делает нашу продукцию востребованной как в нашей стране, так и в Западной Европе, привыкшей к самым высоким стандартам качества.

Лучший показатель интереса европейских клиентов и развития экспортной программы группы компаний «Коско» — успешное участие в крупнейших международных станкостроительных выставках, таких как EMO 2017 и HANNOVER MESSE 2018, на которых мы с гордостью представляем зарубежным коллегам станки и пилы MADE IN RUSSIA.

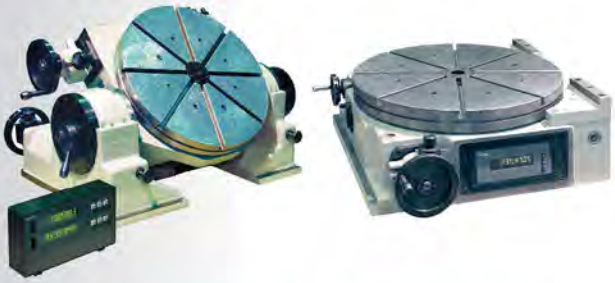
**Андрей Мурзин**
**исполнительный директор**
**ГК Коско**

**Бесплатный звонок по России: 8 800 250-78-78**
**Для Москвы и области: +7 495 232-08-78**
**115230, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 45, к. 2, стр. 1**
**www.koscogroup.ru**

## ЗАВОД КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ

# СТАН-САМАРА

**НАКЛАДНЫЕ ПОВОРОТНЫЕ СТОЛЫ**
особо высокой точности. Универсальные, кантуемые и простые. Диаметр планшайбы от 260 мм до 1000 мм, с цифровой индикацией и с управлением от УЧПУ



**ПОЛУАВТОМАТЫ ОТДЕЛОЧНО-РАСТОЧНЫЕ**
специальные высокой точности одно- и двухсторонние для финишного точения, растачивания, подрезки торцов, врезки канавок в корпусных и симметричных деталях

**ПРИВОДНЫЕ И ЭЛЕКТРОШПИНДЕЛИ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ**
Широкая гамма типоразмеров для отечественного и импортного металлообрабатывающего оборудования

**КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ И ГЛУБОКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ**
координатно-расточных станков и накладных поворотных столов

**СКР-400, СКР-400М**
Станки координатно-расточные особо высокой точности с УЧПУ.
Размер стола 800 х 400 мм

**АЭРОШЛИФ®400**
Станки координатно-шлифовальные особо высокой точности с УЧПУ.
8 управляемых координат.
Размер стола 800 х 400 мм

## ТОЧНОСТЬ – ПУТЬ, КОТОРЫЙ МЫ ВЫБРАЛИ

**443022, г. Самара, ул. XXII Партсъезда, 7а**
**Тел. (846) 955-30-83, тел./факс (846) 992-69-84**
**e-mail: stan@samara.ru**
**www.stan-samara.ru**

# УНИКАЛЬНЫЙ СТАНОК РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

«СтанкоМашСтрой» — одно из крупнейших станкостроительных предприятий в Поволжье. За три года компания прошла путь от сборки станков из машинокомплектов до полноценного производителя. Компанией «СтанкоМашСтрой» было приобретено и запущено в работу высокопроизводительное оборудование, которое позволило наладить серийное производство станков собственной разработки. В настоящее время на предприятии производится три линейки металлообрабатывающего оборудования: универсальные токарно-винторезные станки, токарные станки с ЧПУ и токарные обрабатывающие центры с ЧПУ.

К серийному производству последних — серии CT25 — на «СтанкоМашСтрой» приступили в 2018 году. Отечественные станки подобного класса не производятся. Токарный центр составит серьезную конкуренцию западным образцам.

Впервые данная модель была представлена на международной выставке «Металлообработка–2017». На тот момент среди российских комплектующих можно было выделить кабинетную защиту, конвейер, трансформатор, систему подачи и фильтрации СОЖ, мелкие и средние корпусные детали.

За прошедший год пензенское предприятие начало отливать станину уже в России, а механическую обработку выполнять на собственных площадях и оборудовании. Самостоятельно осуществлять закупку системы ЧПУ в России, а также в кооперации с партнерами производить электрический шкаф. Кроме того, существенно расширило собственное производство другой номенклатуры входящих изделий. По факту из комплектующих, которые приобретаются за пределами страны, остались лишь шпиндельный узел, шарико-винтовые передачи, револьверная головка и панель оператора. Таким образом, к началу 2018 года локализация превысила 50 процентов.

На сегодняшний день станок выпускается в двух модификациях: двухкоординатный станок и станок с управляемой осью С и приводным инструментом. Особенное внимание хотелось бы уделить следующим компонентам.

**Станина** отливается на предприятии «Пензкомпрессормаш» из высокопрочного чугуна. Проходит естественное и искусственное старение, имеет дополнительные ребра жесткости и специально разработанную силовую структуру. Механическая обработка, а также закалка направляющих производится непосредственно на предприятии «СтанкоМашСтрой».

**Шпиндельный узел** производится в Республике Корея. Механическая обработка и сборка производится в термоконстантных помещениях, оснащается прецизионными подшипниками фирмы SKF. Имеет высокую нагрузочную способность и высокую вибростойкость, позволяющую стабильно точить легированную сталь с точностью по 7 квалитету и с шероховатостью от 0.6 по критерию Ra.

**Револьверная головка** стандарта BMT65 производится в Республике Корея. Для варианта с приводным инструментом оснащается блоками компании WTO. Мощность привода 2.2/3.7 или 3.7/5.5 кВт. Основное преимущество данной револьверной головки в том, что на ней можно устанавливать все 12 приводных блоков, превратив токарный станок фактически во фрезерный центр. Револьверная головка имеет индексацию с точностью ±0,003 мм.

**Система ЧПУ** — в стандарте станок поставляется с системой ЧПУ FANUC, гарантирующей широкие возможности обработки, привод шпинделя обеспечивает постоянную мощность 18.5 кВт, а в пиковых нагрузках до 22.5 кВт (опция 30 кВт).

«Токарный обрабатывающий центр с наклонной станиной и приводным инструментом CT25 — современное и высокопроизводительное оборудование. Мы уверены, что станок нашего производства будет конкурентоспособным и по качеству, и по стоимости. Сегодня главная задача, которая стоит перед нашей компанией, — диверсификация производства, реализация нашего оборудования как по России, так и за рубеж. Сегодня свои станки мы поставляем в страны Прибалтики, Монголию, Ирландию, Германию, Венгрию. Уже в этом году планируем выйти на рынок Северной Америки», — отмечает генеральный директор компании «СтанкоМашСтрой» Олег Кочетков.

Токарный обрабатывающий центр CT25 производства пензенского предприятия «СтанкоМашСтрой», не имеющий на сегодня российских аналогов, будет представлен на международной выставке производственных технологий IMTS 2018, которая пройдет в сентябре этого года в Чикаго.

СТАНКОМАШСТРОЙ

телефон 8-800-250-88-55
(звонок по России бесплатный)
www.16k20.ru

WFL MILLTURN TECHNOLOGIES

# Передовая концепция станков для обработки сложных и точных деталей

**Павильон 2, зал 3, стенд D70**

## ОДИН УСТАНОВ – И ДЕТАЛЬ ПОЛНОСТЬЮ ОБРАБОТАНА

WFL YouTube Channel

WFL Millturn Technologies GmbH&Co.KG | 4030 Linz
Austria | Wahringerstraße 36 | Tel +43-(0)732-69-13-0
Fax +43-(0)732-69-13-81-72 | office@wfl.at
www.wfl.at

ООО ВФЛ Миллтурн Текнолоджиз Рус
ул. Маяковского, 3 Б, литера „А“ | Бизнес-центр
„Алиа Темпора“, офис 708 | 191025 Санкт-Петербург
Российская Федерация | Тел./факс: +7 812 644 6412
office@wfl-russia.com | www.wfl-russia.com

GROUP AUTANIA

# КОМПАНИЯ SAMAG: ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ ФРЕЗЕРНЫЕ ЦЕНТРЫ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

*Комбинированные фрезерные центры глубокого сверления серии TFZ компании SAMAG Зальфельдер Веркцойгмашинен ГмбХ отличаются высокой точностью и производительностью. Благодаря гибкой концепции обработки и установки, современной системе управления эти надежные станки теперь могут быть еще лучше приспособлены под конкретные задачи заказчика.*

Оборудование фирмы SAMAG, базирующейся в г. Зальфельд, известно в России и много лет является частью парка станков многих предприятий. Ведь SAMAG, работавшая в бывшей ГДР под названием WEMA Зальфельд — Комбинат «Fritz Heckert», в течение длительного времени производила 80% своих станков по заказу СССР.

В 1969 году был представлен станок «Saalfeld C 201 NC» — первый обрабатывающий центр с ЧПУ, произведенный в ГДР. На Лейпцигской весенней ярмарке в том же году была реализована дистанционная передача рабочих данных между НИИ ЭНИМС в Москве и этой машиной. А с 1970 по 1989 годы производились многопозиционные станки с круглым делительным столом, матричные машины для производства гранул и сборочные линии для электромоторной промышленности СССР, а также многопозиционные станки с круглым делительным столом для производства новой модели «Москвича».

## КОНФИГУРАЦИИ СТАНКОВ ОСНОВАНЫ НА ТРЕХ ФОРМАТАХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Сегодня, в эпоху внедрения Индустрии 4.0, удаленная передача данных в Москву, которая считалась сенсацией в 1969 году — вполне обыкновенная процедура, проверенная и надежная. И столь же надежными, проверенными и ориентированными на будущее являются новые комбинированные фрезерные центры глубокого сверления серии TFZ от SAMAG.

С 2007 года станки серии TFZ входят в модельный ряд компании и с каждым годом все более усовершенствуются и адаптируются к актуальным требованиям рынка и заказчиков. На сегодняшний день компания SAMAG представила формат «FIT 2 TASK» («ПОДХОДИТ ДЛЯ ВАШИХ ЗАДАЧ») обновленную концепцию системы, которая может быть точно сконфигурирована для самых разнообразных вариантов применений в производстве деталей любой сложности, производства инструмента, пресс-форм и в приборостроении. Основой для этого являются форматы FIT 2 DRILL (ПОДХОДИТ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ), FIT 2 MILL (ПОДХОДИТ ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ) и FIT 2 ACCURACY (ПОДХОДИТ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ ОБРАБОТКИ).

**Одновременно с производством инструментов и пресс-форм комбинированные фрезерные центры глубокого сверления серии TFZ успешно используются в автомобильном секторе, а также в производстве промышленного оборудования и машиностроении, в горнодобывающей промышленности и аэрокосмической индустрии. Фото SAMAG**

«FIT 2 DRILL представляет собой базовую конструкцию станка, обеспечивающую обработку отверстий, базирующуюся на конструкции с очень устойчивой фиксацией инструментального суппорта. Идеально спроектированные насосы высокого давления и фильтры обеспечивают подачу охлаждающего смазочного материала, масла или эмульсии.

FIT 2 MILL предназначена для высокоточного, высокопроизводительного фрезерования, базирующегося на повышенной жесткости станка.

FIT 2 ACCURACY обеспечивает высокую точность благодаря прямым измерительным системам по всем осям, расширенной системе охлаждения и компенсационным решениям программного обеспечения без ущерба для производительности сверления и фрезерования», — пояснил концепцию Райнер Хекель, продукт-менеджер по комбинированным фрезерным центрам глубокого сверления в компании SAMAG.

Пять вариантов размеров станков серии TFZ покрывают все требования к производству малых, средних и крупных пресс-форм. «Особенностями этих машин являются высокая гибкость, жесткость, мощность шпинделя и их точность. Принцип конструкции обеспечивает минимальное расстояние между поворотной опорой и точкой обработки, стабильное позиционирование инструмента для высокоточного глубокого сверления, а также компенсацию высоких поперечных сил при фрезеровании. Дальнейшие преимущества этой системы включают в себя оптимальную доступность и минимизацию времени переоснастки за счет полной обработки деталей с четырех сторон при одном закреплении, предусматривается также обработка под углами», — продолжил Хекель.

## НОВОЕ КОНТУРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБЕСПЕЧИВАЕТ БОЛЬШЕЕ КОЛИЧЕСТВО ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ФУНКЦИЙ

Среди прочего, станки уже были представлены посетителям выставки металлообрабатывающего оборудования ЭМО в Ганновере в 2017 году. Заинтересованные посетители также смогли узнать больше о новом контурном управлении системы ЧПУ Heidenhain TNC 640 с большим дисплеем и сенсорной функцией, которое было специально разработано для обрабатывающих центров TFZ. Оно характеризуется удобством программирования, ориентированной на рабочие задачи и предлагает пользователю много практических циклов и концепций управления, а также графическую поддержку программирования.

Удобная в использовании поворотная панель управления TFZ с контурным управлением TNC 640. Фото SAMAG

Конструкция станка POWER TOWER и ДВОЙНОЙ ШАРИКОВЫЙ ВИНТОВОЙ ПРИВОД Колонна Y-оси или стенд для сверления с установкой глубокого сверления. Фото SAMAG

Для установки и выполнения простых задач, таких как фрезерование плоскостей, система TNC 640 может легко перемещать в ручном режиме, даже без программы — с помощью клавиш оси или, для большей точности, с помощью электронного маховичка. Кроме того, внутренняя структура TNC 640 состоит из основной структуры NC. Она расширяема и предлагает множество опций для различных вариантов применения: помимо улучшенной модели столкновений также имеются сенсорный функционал, функции фрезерования и вращения.

Другие преимущества нового контурного управления включают в себя быструю обработку блоков данных при высокоскоростном фрезеровании, короткий цикл цепи автоматического регулирования, плавный контроль движения и высокую частоту вращения шпинделя. Для комбинированных фрезерных центров глубокого сверления эта система управления также предлагает собственные циклы сверления, растачивания, фрезерования и позволяет сверлить отверстия под углом, а также управлять параллельными осями.

## ПОСТАВЩИК ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ И ПАРТНЕР ПО РАЗВИТИЮ ДЛЯ КЛИЕНТОВ

«При проектировании комбинированных фрезерных центров глубокого сверления серии TFZ разработчики SAMAG всегда тесно сотрудничают с заказчиком, учитывая такие факторы, как размер заготовки, материал и время обработки. Конечной целью является такая концепция оборудования, которая разрабатывается и производится под конкретные требования заказчика», — уточнил продукт-менеджер Райнер Хекель.

Правильность такого подхода к проектировании станков SAMAG подтверждает ее история развития: имея более 700 сотрудников и три производственных площадки в Германии, компания успешно продолжает свою более чем 140-летнюю традицию машиностроения. Сегодня группа SAMAG является международным поставщиком решений и партнером по развитию для своих клиентов.

Реагируя на запросы рынка и потребности российских клиентов, компания SAMAG расширила предложение по поставке оборудования. В дополнение к базовому предложению по проведению приемки оборудования и инструктажа от производителя, компания SAMAG организует курс практического обучения на территории заводов эксплуатирующих станки данной серии. В основном это немецкие компании производители пресс-форм. В рамках данного обучения, покупатель имеет возможность практиковаться в эксплуатации оборудования в рамках реально действующего производства, перенимая навыки и опыт ведущих компаний отрасли, изучая специфику и технологии изготовления деталей. Данный опыт позволяет российским клиентам гораздо лучшее воспринять потенциал станка модели TFZ и оптимально использовать его для своих конкретных задач. «Данное предложение является оригинальным и ранее не встречалось на рынке. В рамках недельного курса практического обучения на заводе по производству пресс-форм, мы ознакомились с работой станка TFZ-2 1000, практиковались в изготовлении деталей, ознакомились с производством, технологиями, применяемым инструментом, нюансами в производстве пресс-форм. Поразила та открытость и гостеприимство, которую нам оказали. Это был бесценный опыт, который мы постараемся учесть на нашем производстве, — рассказывает Аносов Сергей, директор компании КРОНА ОБОРУДОВАНИЕ (Рязань), которая приобрела станок TFZ-2 1000 в 2017 году.

Дополнительная информация: **www.samag.su**

SAMAG MACHINE TOOLS

**SAMAG Зальфельдер Веркцойгмашинен ГмбХ**
Хюттенштрассе 21, 07318 г. Зальфельд, Германия
Контактная информация для прессы (Германия):
Тел.: +49 3671 585102
Yvonne.liebegut@samag.de

**Представитель SAMAG в России: Д-р Маркус Лимих**
Олимпийский проспект д. 14, Бизнес-центр «Diamond Hall», 8 этаж, у Кюне + Нагель, 129110, г. Москва
Тел.: +7 495 991 8898
markus.liemich@samag.su

# ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НОВОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ

С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НЕОБХОДИМО ЧЕТКО ОПРЕДЕЛИТЬ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ В СООТВЕТСТВИИ С КОНЦЕПЦИЕЙ СМЕНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ. ЭТО ПОЗВОЛИТ МНОГОКРАТНО ПОВЫСИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, ПЛАНИРОВАНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ И ДВИЖЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ.

В 1922 году Н.Д. Кондратьев на основе статистических данных показал, что в условиях рыночной экономики развитие производства происходит циклически и описывается длинными волнами, названными его именем (К-волны — длинные периодические циклы современной мировой экономики с периодом 50–60 лет) [1]. Кондратьевым и его последователями были также идентифицированы и исследованы циклические волны большей частоты: волны Жигляра с периодом 7–12 лет, связанные с циклами инвестиций, и волны Китчина с периодом 2–4 года, отражающие цикличность цен при движении товарных запасов [2].

Основной причиной появления длинных циклов считается объективная необходимость обновления основного капитала за счет создания новых технологий и отраслей производства, а наблюдаемую тенденцию к их сокращению объясняют развитием средств производства и ускорением в связи с этим движения финансовых потоков.

Считается общепризнанным, что Кондратьевым заложены основы общей теории инноваций, охватывающей технологию, экономику, социально-политическую сферу и раскрывающей механизм взаимодействия инноваций в различных сферах общества.

Понятия инновации и инновационного процесса ввел Й. Шумпетер для описания К-волн [3]. Инновации (нововведения) по Шумпетеру — это новые технологические или технические идеи, материализованные и поступившие на рынок в виде новых технологий или продуктов производства, а инновационный процесс обеспечивает создание таких нововведений и их коммерциализацию.

Каждый цикл экономического развития по Й. Шумпетеру состоит из двух частей. Первая из них (инновационная) отражает создание и внедрение новых технологий и соответствует возрастающей ветви цикла Кондратьева, а вторая — распространение и потребление инноваций и соответствует убывающей ветви К-волны.

Установлено, что графики циклов длинных волн Кондратьева и инновационных волн не совпадают и несколько смещены по фазе (**рис. 1**). Так, инновационные процессы, связанные с новыми технологиями в авиастроении, атомной энергетике, телекоммуникационных системах, запаздывают относительно восходящей полуволны IV цикла. Это смещение связывают с отрывом финансового капитала от промышленного и отставанием научных разработок от требования общественного производства.

С. Кузнец ввел понятие эпохальных нововведений, лежащих в основе перехода от одной исторической эпохи к другой, и установил, что ускоренное развитие науки становится новым источником экономического роста [4]. Им показано, что технологические нововведения могут иметь как позитивные, так и негативные социальные последствия, что подтвердилось, например, при освоении такого нововведения, как нанотехнологии [5]. Он также подчеркивал тот факт, что технологические нововведения взаимосвязаны с нововведениями в других сферах жизни общества.

С.Ю. Глазьев разработал концепцию технологических укладов, развивающую теории Н. Кондратьева и Й. Шумпетера [6]. Технологический уклад (волна)

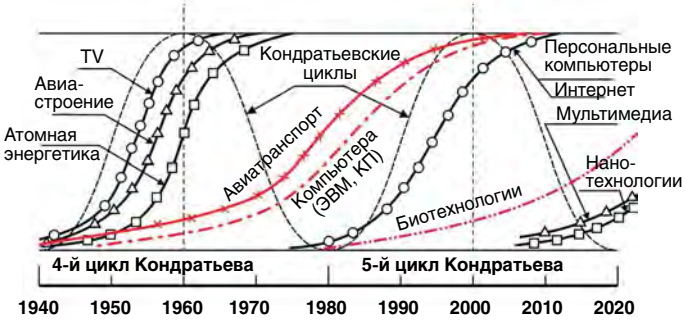



**Рис. 1. Смещение по фазе К-волн и инновационных волн, характерных для IV и V циклов**

**Таблица 1. Хронологические рамки и особенности IV, V и VI технологических укладов по С.Ю. Глазьеву**

| ТУ | Период доминирования, годы | Преобладающие технологии |
|---|---|---|
| IV | 1930–1980 | *Ядро*: производство и переработка нефти и газа, средства связи. Автомобилестроение, атомная энергетика, синтетические материалы, органическая химия, цветная металлургия, электронная промышленность, конвейер. *Ключевой фактор*: двигатель внутреннего сгорания, нефтехимия. |
| V | 1980–2020 | *Ядро*: Электронная промышленность, вычислительная техника, телекоммуникации, роботостроение, микро- и оптоволоконные технологии, программное обеспечение, космическая техника, спутниковая связь, искусственный интеллект (ИИ), биотехнологии, генная инженерия, производство и переработка газа, информационные услуги, новые виды энергии, материалов. *Ключевой фактор*: микроэлектронные компоненты. |
| VI | 2020–2060 (прогноз) | *Ядро*: Робототехника, биотехнологии, нанотехнологии, глобальные информационные сети, высокоскоростные транспортные системы. Конструкционные материалы с заданными свойствами. Лазерная техника. Атомная энергетика, водородная энергетика, широкое использование возобновляемых источников энергии. Компактная и сверхэффективная энергетика, отход от углеводородов, децентрализованные, «умные» сети энергоснабжения. Высокие экотехнологии. Новые виды транспорта. Новая медицина. Фармацевтика, потребление генномодифицированных продуктов. Вложения в человека, система образования нового уровня. Высокие гуманитарные технологии, повышение способностей человека и организаций. *Ключевой фактор*: нанотехнологии, клеточные технологии и методы генной инженерии, альтернативная энергетика. |

**Таблица 2. Структура перспективного технологического уклада**

| Приоритеты социально-экономического развития | Ядро технологической системы | |
|---|---|---|
| | Сектор | Базовые технологии |
| Безопасность<br>Жилье и ЖКХ<br>Здравоохранение | ТС1 | Биотехнология, лазерные технологии, нанотехнологии, ядерные технологии |
| Образование<br>Продовольствие<br>Транспорт<br>Энергетика | ТС2 | Информационно-коммуникационные технологии, космические технологии, социальные технологии, технологии природопользования, энергетические технологии |
| Экология. Управление | ТС3 | NBIC-технологии |

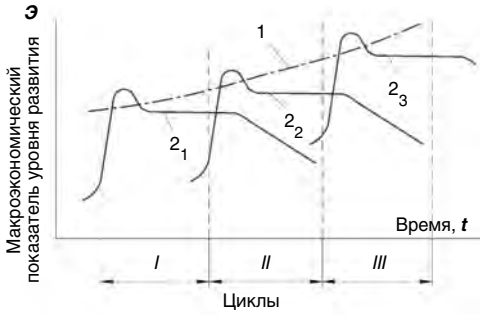



**Рис. 2. Динамика непрерывного инновационного развития: 1 — усредненная кривая развития, 2 — кривые, описывающие отдельные циклы.**

по Глазьеву — это совокупность технологий, характерных для определенного уровня развития производства. Смена технологических укладов происходит в связи с научно-техническим прогрессом в соответствии с инновационными волнами Й. Шумпетера.

Глазьев считает, что причиной существования технологических укладов является изменение характера производительных сил в разные хронологические периоды. Ведущие отрасли и виды деятельности, благодаря которым капитал имеет максимальный рост, составляют ядро технологического уклада, а технологические нововведения, благодаря которым возникло ядро, называются ключевыми факторами. Каждому укладу присущи свои особенности социальной жизни общества, роль государства в управлении производством, страны-доминанты, их политика, перспективные научные направления и степень их значимости в производстве.

Каждый последующий технологический уклад зарождается в недрах предыдущего и сменяет его, когда последний исчерпывает свои возможности. Длительность технологических укладов сокращается в соответствии с наблюдаемой тенденцией к сокращению периода длинных волн Кондратьева. Согласно изложенной концепции, к концу 20-х годов нашего столетия мировое сообщество находится на этапе зарождения шестого технологического уклада (**табл. 1**) [7]. К настоящему времени концепция технологических укладов считается общепринятой: цикличность, периодические депрессии и подъемы в экономике являются объективными факторами развития социума. Основная причина «межукладных» кризисов, по мнению авторов [7], заключается в инерционности реакции общества на необходимость смены производительных сил: сложившиеся общественные отношения мешают производству нормально развиваться.

В [8] обсуждается концепция перспективного технологического уклада (ПТУ), который будет развиваться параллельно с VI ТУ и постепенно вытеснять его (**табл. 2**).

Методологический подход к описанию структуры ПТУ базируется на формировании системы приоритетов, отражающих достижение цели социально-экономического развития общества в постиндустриальный период — повышения качества жизни человека. Ядро технологической системы ПТУ составляют три технологических сектора. ТС1 включает совокупность технологий, способных

RAVNE PRESSES

info@ravnepresses.com
www.ravnepresses.com

Высокий профессионализм. Индивидуальный подход к каждому клиенту. Конкурентоспособные цены. Высокое качество изготавливаемой продукции в соответствии с техническими нормами и стандартами, действующими в стране заказчика:

• РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ИНДИВИДУАЛЬНОМУ ЗАКАЗУ

• ПРОИЗВОДСТВО ГИДРАВЛИЧЕСКИХ, МЕХАНИЧЕСКИХ И СЕРВО-ПРЕССОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОБЫТОВЫХ ПРИБОРОВ

• ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЕСС-ФОРМ И ПРЕССОВОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

• ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

Сделано в ЕС (в Словении)
Более 50 лет мы трудимся для удовлетворения запросов потребителей

Официальным представителем «RAVNE PRESSES d.o.o.» на территории РФ является
компания «ООО Компания «ДЕТРИЛИТ»: тел.: +7 499 197 35 98; info@detrilit.ru; www.detrilit.ru

решать широкий спектр задач и основанных на фундаментальных научных принципах. ТС2 — это совокупность технологий, предназначенных для решения одной задачи, но основанных на использовании различных исходных законов природы. ТС3 — это множество технологий, созданных на стыках наук. Так, все большее распространение и развитие получает концепция NBIC (нанобиоинфокогнитивных) технологий [9].

Теории технологических укладов по концептуальным признакам близка теория технологических парадигм, которую разработали в 80-х годах прошлого века К. Перес и К. Фримен [10]. Технико-экономические парадигмы они рассматривают как принципиально новый способ повышения качества жизни, основанный на новом дешевом и доступном ресурсе (**табл. 3**). Смена технико-экономических парадигм изменяет не только экономическую сторону жизни общества: меняется геополитическая ситуация, происходят глубокие социальные преобразования. Смене парадигм предшествует скачкообразный рост производительности в ключевой отрасли общественного производства.

Таким образом, многочисленные исследования отечественных и иностранных ученых выявили циклические закономерности в экономике, вызванные характером непрерывного инновационного развития ключевых промышленных технологий, и позволили установить основные положения, описывающие динамику экономического развития (развития промышленного производства):

1. Жизненный цикл конкретного технического способа производства (длинный цикл Кондратьева) описывается кривой, отличающейся от синусоидальной, схематически показанной на **рис. 1**. Эту кривую чаще всего представляют в виде сигмоиды, называемой также *S*-кривой или логистической кривой (**рис. 2**) [11]. Инновации обеспечивают переход от одной *S*-кривой к другой. Начальный этап освоения инновации характеризуется большими прибылями, в том числе в результате сложения инновационной прибыли с прибылью предыдущего цикла, который не обрывается скачкообразно, а лишь снижается во времени. Этим объясняется резкий подъем кривой в начале цикла. Снижение прибыли с течением времени по циклу стимулирует разработку и введение улучшающих инноваций с более коротким жизненным циклом.

2. Инновационные предпосылки *IV*-го цикла развиваются и накапливаются в недрах (*V*–1)-го цикла (**рис. 1**). Сам переход носит скачкообразный характер (**рис. 2**). Усредненная кривая **1**, описывающая суперпозицию, смену циклов **2**, характеризует эволюцию инновационного развития промышленного производства, его направленность в течение довольно большого хронологического периода.

3. Циклы инновационного развития хорошо коррелируют с циклами солнечной активности, которые, как показал А. Чижевский, влияют на творческую, в том числе инновационную деятельность человека. Таким образом, циклический характер развития характеризует все стороны жизнедеятельности человека [12].

4. Двигателем прогресса в форме циклического движения является преимущественное инвестирование капитала в инновации в связи с потенциально большими прибылями вложения капитала в них.

5. Радикальные и улучшающие инновации постоянно конкурируют друг с другом, что является одной из движущих сил появления длинных циклов Кондратьева.

6. Появляющиеся новые технические идеи и изобретения выводят существующее производство из равновесия и мотивируют инновации.

7. Каждый последующий инновационный цикл должен приводить к возрастанию макроэкономических показателей (принцип экономического развития). В связи с этим подчеркнем тот факт, что технологии предшествующих циклов не исчезают по их завершении [13]. Они продолжают существовать в общественном производстве достаточно длительное время на протяжении последующих циклов и вносят свой вклад в создание совокупного общественного продукта. Такие технологии могут развиваться за счет улучшающих или более радикальных инноваций, участвуя в процессах конвергенции наук и технологий. Характерным примером являются технологии обработки материалов резанием, до сих пор

**Таблица 3. Хронологические рамки и особенности технологических парадигм**

| Период | Название периода | Важные отрасли | Основной ресурс |
|---|---|---|---|
| 1770–1840 | Ранняя механизация | Ткани. Шерсть | Водная энергия |
| 1830–1890 | Паровые двигатели и железные дороги | Железо. Транспортные перевозки | Пар. Уголь |
| 1880–1940 | Электричество и тяжелая промышленность | Электрические машины. Химическая промышленность | Электричество. Сталь |
| 1930–1990 | Массовое производство | Массовое производство | Нефть |
| после 1990 | Информация и коммуникации | Цифровые технологии / компьютерные программы. Биотехнологии. | Микроэлектроника |

**Таблица 4. Некоторые результаты и перспективы конвергенции в технологии машиностроения**

| Стык наук | Пример реализации | Результат |
|---|---|---|
| ТМ – материаловедение | Новые инструментальные материалы: твердые сплавы, сверхтвердые синтезированные материалы. | Сокращение удельных ресурсозатрат. Повышение производительности и снижение издержек производства. Возможность создания новых видов техники. Мехатроника, робототехника. Безлюдное и малолюдное производство. |
| ТМ – физика, химия | Новые методы обработки материалов: лазерные, элионные, электроразрядные, электрохимические, плазменные, водоструйные и пр. | |
| ТМ – математика, электроника, информатика | Оборудование с ЧПУ, КЧПУ. Интеллектуальное производство | |
| ТМ – биология | Использование микроорганизмов, существующих за счет реакций окисления-восстановления поливалентных металлов | Съем металла со скоростью несколько десятков мкм/ч на заданном участке заготовки. Микро- и нанообработка материалов. Утилизация конструкций. |

составляющие сердцевину машиностроительного производства, несмотря на то, что их история уходит в глубь веков.

Все сферы и отрасли общественного производства, участвующие в создании совокупного общественного продукта, развиваются на основе сформулированных выше закономерностей. Поэтому можно выделить некоторые общие тенденции в развитии технологии машиностроения (ТМ), которые необходимо учитывать при прогнозировании и планировании развития этой важнейшей сферы прикладной науки, промышленного производства и социально-экономической деятельности человека:

1. История развития технологии машиностроения показывает наличие и определяет роль как радикальных, так и улучшающих инноваций в рамках различных технологических укладов [14]. С философских позиций эти инновации можно рассматривать как противоположности и говорить не только об их конкуренции (борьбе), но и об их единстве, признавая тем самым необходимость развития двух инновационных направлений: создание нового и модернизация существующего.

2. Технология машиностроения (обработка твердых форм вещества) — одна из старейших областей созидательной деятельности людей с научно обоснованной и практически апробированной методологией. Поэтому одним из важных направлений ее развития следует считать *диффузию собственных методологий, методов и средств производства в инновационные процессы и проекты нового технологического уклада*. Так, например, в [15] отмечается, что инновационные биологические технологии VI технологического уклада в своей созидательной части в известной мере базируются на методологических принципах ТМ. Можно показать, что это положение справедливо по отношению к нанотехнологиям, робототехническим технологиям и другим инновационным областям VI технологического уклада, а также к НБИК-технологиям [10]. В этой связи обратим внимание на необходимость дальнейшего развития понятийного аппарата технологии машиностроения [16], унифицирования основных методологических положений, придания им более общего, всеобъемлющего характера.

3. Конвергенция — один из основных принципов развития технологии машиностроения, порождающий в ряде случаев радикальные инновации. Именно в пограничных областях, на стыках наук и технологий достигнуты и будут достигаться наиболее значимые результаты (**табл. 4**). Именно поэтому роль и значимость комбинированных и интегрированных технологий постоянно растет [17, 18], а их применение в обозримом будущем будет постоянно расширяться. В связи со сказанным отметим, что роль фундаментальных наук в развитии различных секторов экономики постоянно повышается, снижается время, необходимое для практического освоения новых научных идей и эффектов [13]. Эта тенденция позволяет ожидать появления новых машиностроительных технологий, основанных на физико-химических методах воздействия на материал и контроля его свойств [19, 20]. Такие технологии, в частности, рассматривают как перспективные с точки зрения практического освоения космического пространства [21].

4. Синергетические принципы будут все больше проникать в технологии создания машин, аппаратов и машинно-аппаратных систем. Это касается не только содержательной стороны ТМ: процессов, методов и способов воздействия на материальный объект, но и различных

аспектов организации производства. Анализ взаимодействия производственных систем с искусственным интеллектом, изучение закономерностей совместного функционирования интеллектуальных систем проектирования, производства и управления сложными технологическими системами — одно из актуальных направлений развития технологии машиностроения.

5. Миниатюризация ряда технических изделий делает востребованными технологии, обеспечивающие удаление припуска в диапазоне значений $10^{-7}$…$10^{-5}$ м с получением элементов конструкций размерами $10^{-6}$…$10^{-4}$ м. Анализ показывает [22], что доля исследований и разработок технологий микрообработки заметно возрастает, создаются соответствующие средства технологического оснащения. Технологии микрообработки перекрывают область между классическими технологиями и нанотехнологиями, которая на фоне нанотехнологий как-то выпала из рассмотрения, несмотря на свою несомненную значимость [23].

6. Концепция грядущих технологических укладов является основой прогнозирования и эффективного развития отдельных отраслей промышленного производства. Научно обоснованное прогнозирование, предопределяющее перспективные, востребованные общественным производством направления развития, и соответствующее распределение ресурсов должно стать важной составной частью технологии машиностроения как науки. Анализ состояния текущего технологического уклада и результаты долго- и среднесрочного прогнозирования являются основой выявления приоритетов и поддержки развития инновационных технологий будущего.

7. Ядро инновационной деятельности составляют фундаментальная наука, прикладная наука и институциональная система коммерциализации нововведений. Поэтому повышение роли науки, в том числе ее ресурсное обеспечение, является необходимым условием развития ТМ при переходе к новому экономическому укладу. Наукоемкость машиностроительной продукции, измеряемая долей удельных затрат на НИОКР в себестоимости ее изготовления, постоянно повышается и достигает в ряде случаев 20…30%, наукоемкость современных технологий, измеряемая относительной долей затрат на НИОКР при их разработке и внедрении, также увеличивается. Эта тенденция отражает роль научно-технического прогресса в развитии экономики и общества, указывает на расширение множества новых физико-технических эффектов, выявляемых в области фундаментальных наук и передаваемых для практического применения в технологиях.

8. Логистическая кривая развития, часто используемая в экономической теории, предполагает ограниченность ресурсов, выделенных на инновационные процессы. Это положение касается всех уровней экономики, а его концентрированным выражением является ограничение финансовых ресурсов, выделяемых на проект развития. На макроуровне можно рассматривать, например, бюджетные ограничения, на микроуровне — часть прибыли предприятия, выделяемую на техническое перевооружение и НИОКР. В условиях ресурсных ограничений развитие экономики в целом и ее отдельных отраслей идет по пути концентрации имеющихся ресурсов на разработку проектов, обеспечивающих наибольшую эффективность конечных результатов. Таким образом, возникает задача выбора приоритетов развития, которая носит системный характер и определяет направление и результат развития систем различного уровня.

Сказанное в полной мере относится к технологии машиностроения. Несмотря на ряд новых институциональных рычагов (государственные программы развития, технологические платформы, концепция национальной технологической инициативы и пр.), приоритеты развития научной технологии машиностроения и машиностроительных технологий, по сути дела, не определены, а процедура выбора (и финансирования) приоритетов остается мало эффективной.

**Б.П. Саушкин, Ю.А. Моргунов**

**Литература**


1. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. — М.: Экономика, 1989. –526 с.
2. Санто Б. Инновация как средство экономического развития / Б. Санто — М.: Прогресс, 1990. — 295 с.
3. Шумпетер Й. Теория экономического развития / Й. Шумпетер. — М.: Прогресс, 1982. — 400 с.
4. Филатов И.В. Теоретическое наследие С. Кузнеца и проблемы модернизации постсоциалистических стран // Социально-экономическая трансформация в России. — М., 2002. — С. 77–98.
5. Грунвальд А. Техника и общество: западноевропейский опыт исследования социальных последствий научно-технического развития. — М.: Логос, 2011. — 160 с.
6. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. — М.: Владар, 1993. — с.
7. Глазьев С.Ю., Фетисов Г.Г. Новый курс: стратегия прорыва (научный доклад) / Современные производительные силы. 2012. № 1. — С. 7–39.
8. Иванов В.В. Перспективный технологический уклад: возможности, риски, угрозы / Экономические стратегии. 2013. № 4. — С. 6–9.
9. NBIC-технологии: инновационная цивилизация XXI века / А.К. Казанцев; под ред. А.К. Казанцева, Д.А. Рубвальтера. — М.: ИНФРА-М, 2012. — 383 с.
10. Перес К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периоды процветания. — М.: Дело. 2011. — 231 с.
11. Нижегородцев Р.М. Логистическое моделирование экономической динамики. Ч. 1 / Проблемы управления. 2004. № 1. С. 46 –53.
12. Румянцева С.Ю. Сопоставление теорий революционных циклов Вернадского, Кондратьева, Кузнеца и Шумпетера / Партнерство цивилизаций. 2013. № 3. С. 161–178.
13. Иванов В.В. Инновационная парадигма XXI — М: Наука, 2015. — 383 с.
14. История развития технологии машиностроения / Смоленцев В.П., Кузовкин А.В., Болдырев А.И., Часовских А.И. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1999. — 151 с.
15. 2028 Vision for mechanical engineering: A report of the Global Summit on the Future of Mechanical Engineering. — New York: ASME. 2008.– 21p.
16. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П., Шандров Б.В. Развитие понятийного аппарата технологии машиностроения / Справочник. Инженерный журнал. 2016 г. № 4 (229). С. 3–7.
17. Саушкин Б.П. Комбинированные методы обработки в машиностроительном производстве / Металлообработка. 2003. № 1. С. 8–17.
18. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Технико-экономические аспекты аддитивного формообразования / Наукоемкие технологии в машиностроении. 2016. № 7 (61). С. 28–35.
19. Saushkin B.P. Electrical discharge in liquid and gas medium is the base of a new gen-eration of methods and technologies in machine-building production / Электронная обработка материалов. 2004. № 1. С. 4–17.
20. Саушкин Б.П., Сычков Г.А., Атанасянц А.Г. Современное состояние и перспективы развития электрохимической размерной обработки / Металлообработка. 2002. № 6. С. 9–17.
21. Исаченко В.А., Астахов Ю.П., Саушкин Б.П. Технологии ракетно-космического машиностроения — проблемы и перспективы / Технология машиностроения. 2016. № 1. С. 10–14.
22. Моргунов Ю.А., Полуянов В.С., Саушкин Б.П. Анализ динамики и выявление тенденций развития наукоемких технологий машиностроения / Экономические стратегии. 2017. № 7. С. 2–11.
23. Веников В.С., Саушкин Б.П., Дикусар А.И. Анализ технологий изготовления поверхностных занижений глубиной 10 …20 мкм / Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. № 6. С. 48–53.

# «Черный пояс» – за выдающуюся культуру производства.

## Обрабатывающие центры, которые доказывают добросовестность производства.

На фирме Hermle клиенты получают быструю и компетентную поддержку, ценят персонал предприятия, проявляют преданность и доверие по отношению к поставщикам, заботятся об окружающей среде. Такой подход оправдывает себя – не в последнюю очередь, в постоянно высоких показателях. За здоровый рост совместно со всеми, кто в нем участвует.

Больше о добросовестности и культуре нашего предприятия:
**hermle6.de**

HERMLE
ООО Восток

Машиненфабрик Бертольд Хермле АГ, Госхайм. Телефон:+49 7426/95-0 info@hermle.de
ООО "Хермле Восток", 127018, Россия, Москва, ул. Полковая, д. 1, стр. 6
Тел.+7495 627 36 34, факс: +7495 627 36 35, e-mail: info@hermle-vostok.ru

HANN KUEN MACHINERY AND HARDWARE **www.hardy-tw.com**

# Шпиндели для сверления, фрезерования, нарезания резьбы

**XZY**-осевая шпиндельная головка с сервоприводом

HARDY

TAIWAN EXCELLENCE 2017

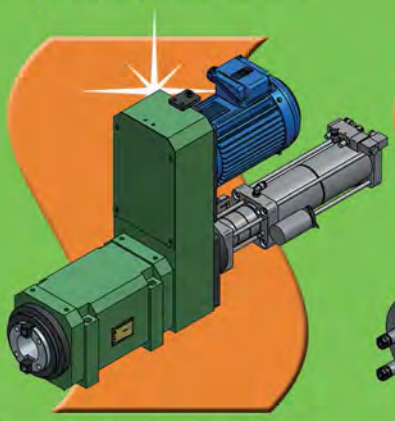
Дрель с сервоприводом / резьбонарезная головка

TAIWAN EXCELLENCE 2017

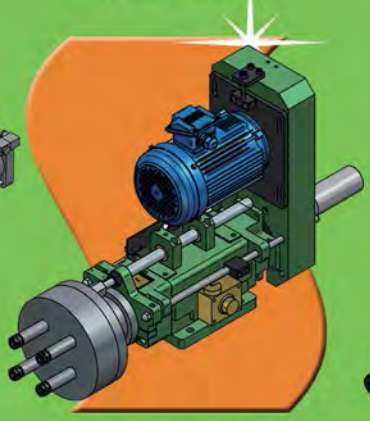
Центровальный шпиндель / фланцевый тип

Серводрель / резьбонарезная головка фланцевого типа

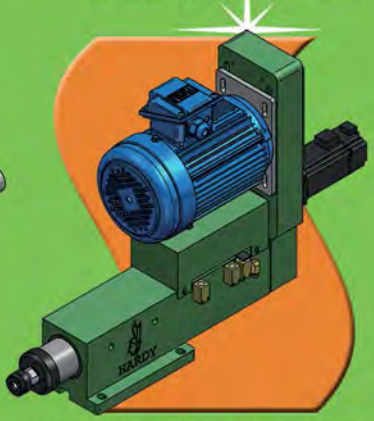
Шпиндельная головка со встроенным электродвигателем



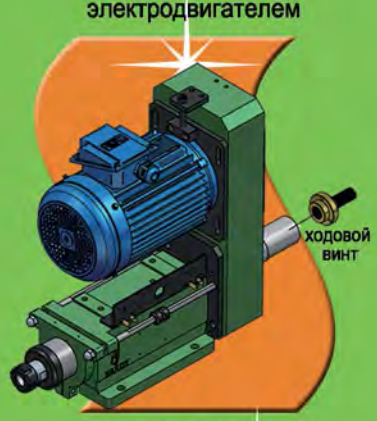
Токарно-фрезерный шпиндель с автоматическим разжатием инструмента



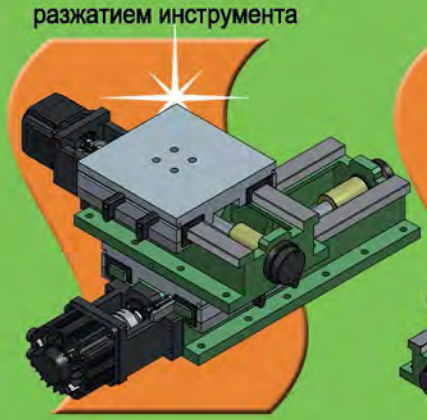
Мультишпиндельная головка



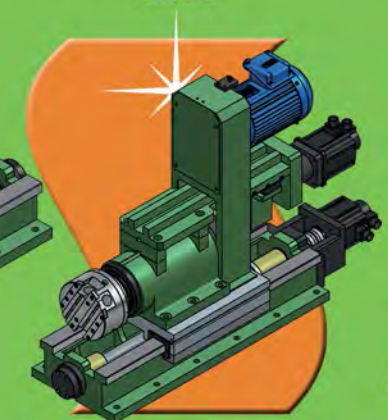
Серводрель / резьбонарезная шпиндельная головка



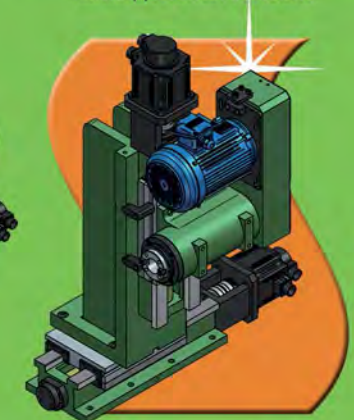

Резьбонарезная шпиндельная головка



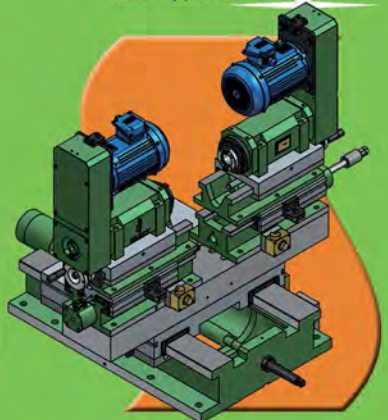
Линейные направляющие по XY-осям



Центровальный шпиндель / подшипниковые направляющие



Стол на линейных направляющих по осям XYZ + фрезеровальная головка



XY-гидравлические направляющие + фрезерная головка

HARDY

**HANN KUEN MACHINERY AND HARDWARE CO., LTD.**
No. 22, Liou Shun Rd., East District, Taichung City 401, Taiwan
Tel.: +886-4-2486-0602 Fax: +886-4-2486-0605
E-mail: hann.kuen@hardy.com.tw Skype: hann.kuen
http://www.hardy-tw.com

Профессиональный производитель
Подробный каталог продукции доступен

5-8 June 2018
ITM POLSKA
TOWARDS INDUSTRY 4.0 POLAND

# Точение и фрезерование с той же производительностью, что и у токарного автомата

Металлообработка-2018
14-18 мая

павильон «ФОРУМ» /
стенд FF090

## Новый станок INDEX G200 – компактные габариты и огромная концентрация мощности

Воспользуйтесь преимуществами G200: длина обработки до 660 мм,
3 инструментальных суппорта с осью Y и мощный фрезерный шпиндель с осью B 360°
для гибкой полной обработки как пруткового материала, так и деталей из патрона.

- возможна одновременная обработка 3 инструментами
- динамичный фрезерный шпиндель (макс. 7.200 об/мин, 22 кВт и 52 Нм)
- большие значения ускорений и скоростей быстрых перемещений: до 60м/мин
- макс. ø прутка до 65 мм, зажимной патрон ø до 165 мм
- включая систему управления iXpanel – i4.0 ready

INDEX
TRAUB

**ru.index-traub.com**

*better.parts.faster.*

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ, НАПРАВЛЕННОЕ НА ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, ЯВЛЯЕТСЯ НА ДАННЫЙ МОМЕНТ ВАЖНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫПУСКА ИННОВАЦИОННОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ.

В ракетно-космической отрасли продолжает осуществляться большая программа по инвестиционным проектам технического перевооружения и реконструкции предприятий, на что выделяются значительные средства. Несмотря на предпринимаемые меры, не всегда достигается должное повышение эффективности производственных процессов.

Одной из основных целей развития ракетно-космической промышленности (РКП) в соответствии со стратегией развития государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период до 2025 г. и перспективу до 2030 г. (далее — стратегия) является формирование новой производственной системы, направленной на обеспечение производственно-технологической готовности к выпуску изделий ракетно-космической техники (РКТ) с характеристиками, соответствующими или превышающими характеристики лучших мировых аналогов, а также выполнение услуг в области космической деятельности.

Так, в соответствии со стратегией должны быть достигнуты следующие целевые показатели:

- повышение эффективности использования производственных площадей;
- оптимизация парка металлорежущего оборудования;
- увеличение доли механизации и автоматизации производственных процессов;
- оптимизация производственных мощностей предприятий;
- снижение трудоемкости и себестоимости выпускаемых изделий.

Одним из основных инструментов, направленных на реализацию стратегических проектов формирования базы новой производственной системы, является план технического перевооружения предприятий отрасли, в результате которого должны быть достигнуты: планомерное и устойчивое инновационное развитие производственно-технологической базы предприятия, постоянное снижение производственных издержек, рост производительности труда, повышение эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятия и экономических показателей по основным направлениям работ, связанным с разработкой, производством и испытаниями РКТ.

Под **планом технического перевооружения (ПТП)** понимают комплексный документ, разработанный предприятием на определенный период (перспективный (3–5 лет) и годовой), предусматривающий подготовку и осуществление мероприятий по повышению технико-экономического уровня производства в целом или отдельных его цехов и участков. План реализуется на основе внедрения передовой техники и технологий, механизации и автоматизации производственных процессов, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования новым, более производительным за счет совершенствования форм организации производства и труда, а также объектов вспомогательного и обслуживающего назначения. ПТП в рамках ближайшего планового года наравне с производственной программой выпуска должен являться основой для развития производственно-технологической базы.

Исходными для выбора основных направлений и показателей технического перевооружения должны стать:

1. Расчет производственных мощностей, основных цехов, участков, групп оборудования предприятия, опре-

**Рис. 1. Основные направления технологического аудита под формирование стратегических целей и задач технического перевооружения**

**Рис. 2. Матрица взаимосвязи технологического аудита и технического перевооружения под задачи создания новой производственной системы**

деление «узких мест» производства, определение условий для их исключения.

Причинами «узких мест» или ограниченной пропускной способности цеха, участка, отдельных видов или групп оборудования (дефицит мощностей) являются:

— недостаточные возможности отдельных видов оборудования (по габаритам, параметрам точности и т. д.) или отсутствие необходимого оборудования для реализации более рационального технологического процесса;

— необходимость разработки и освоения новых для данного предприятия (цеха) технологических процессов и специального оборудования для обеспечения производства новых изделий;

— нестабильность технологического процесса;

— низкий уровень механизации и автоматизации операций;

— отклонения от нормального (директивного) хода производства, вызванные недостаточным уровнем планирования и организации производства (неритмичная загрузка оборудования или производственных участков, нерациональное использование специального и уникального оборудования и т. п.);

— неудовлетворительные условия труда.

2. Комплексный анализ и оценка технико-экономического уровня производства.

В практике ФГУП «НПО «Техномаш» такой анализ осуществляется в рамках проведения технологического аудита (**рис. 1**). Его целью в общем случае является анализ производственной системы предприятия на предмет возможности выполнения производственной программы, обеспечения требуемого качества изделий с наименьшими затратами, определение проблемных мест, а также резервов производства.

Для решения указанной цели необходим анализ:

— показателей эффективности деятельности предприятия;

— системы планирования и организации производства;

— выполнения производственной программы с разработкой предложений по «расшивке узких мест»;

— фактических циклов производства изделий РКТ;

— обеспеченности производства оборудованием с оценкой эффективности его использования;

— соответствия производственных мощностей цехов и участков основного производства показателям производственной программы.

Технологический аудит, необходимый для получения исходной информации при планировании перевооружения, можно укрупненно дифференцировать на три основных вида:

— анализ технического уровня производства;

— технико-экономический анализ результатов производственно-хозяйственной деятельности (в аспекте технического перевооружения);

— анализ конструктивно-технологических характеристик новых изделий.

Взаимосвязь технологического аудита и технического перевооружения под задачи создания новой производственной системы представлена на **рис. 2**.

Технический уровень характеризуется степенью совершенства орудий производства и их соответствием современным достижениям науки и техники, а также специализации предприятия. В разработанной ФГУП «НПО «Техномаш» методике [1] он оценивается коэффициентами 0,100; 0,300; 0,500; 0,700; 0,900. Модель производства с наиболее высоким техническим уровнем — 0,900. Описание моделей производства осуществляется по видам технологии (видам производств), для чего весь технологический процесс подразделяется на укрупненные операции, именуемые видами работ. Каждый вид работ характеризуется применением соответствующего оборудования.

Для увеличения производственно-технологического потенциала предприятий необходимо совершенствование технического уровня производства, в первую очередь по технологическим переделам с высокой удельной трудоемкостью и низким техническим уровнем. Для переделов с низким техническим уровнем и низкой удельной трудоемкостью альтернативным вариантом является возможность размещения номенклатуры ДСЕ на других предприятиях отрасли (создание центров компетенций, центров специализации) и развитие кооперации.

Пример сравнения технического уровня предприятий представлен на **рис. 3**.

Учитывая необходимость реализации единого подхода к техническому перевооружению, расчету производственных мощностей и технологическому аудиту, ФГУП «НПО «Техномаш» в 2017 г. приступил к разработке концепции и формированию отраслевого плана технического перевооружения отрасли в целом, который должен позволить:

— исключить создание дублирующих производственных мощностей на предприятиях РКП;

— провести унификацию планируемого к приобретению технологического оборудования;

— провести разработку предложений по развитию специализации и кооперации производства РКП, созданию и развитию центров компетенции.

Однако анализ ПТП предприятий отрасли выявил ряд трудностей для составления единого документа: зачастую предприятия ограничиваются краткосрочным годовым планированием, не имея единой политики развития; сильно различается форма и степень детализации планов — на ряде предприятий она даже носит характер финансового документа, где отражены основные статьи расхода. В результате для формирования единого подхода была определена типовая форма ПТП [2] с обязательным перечнем заданий и показателей, в которые заложены единые для отрасли стратегия перевооружения и методический подход, т. е. единая техническая политика.

В структуру ПТП входят следующие мероприятия:

— по поддержанию технологической устойчивости производства;

— по поддержанию качества и надежности выпускаемой продукции;

— по развитию производственных мощностей (для освоения новых изделий и увеличения объемов производства);

— по повышению энергоэффективности и ресурсосберегающим технологиям;

— по промышленной и пожарной безопасности, ГО и ЧС;

— по внедрению систем автоматизации;

— прочие.

Следующим этапом является разработка единого положения о планировании технического перевооружения, методических рекомендаций по формированию планов технического перевооружения, автоматизированной системы контроля хода выполнения планов. Данное положение должно быть обязательным для всех предприятий отрасли.

При разработке ПТП необходимо учитывать следующие цели:

— реализации единой технической политики в области организации и развития производства предприятий РКП;

— определения приоритетных мероприятий технического обеспечения с учетом лимитов финансовых средств на их реализацию;

— учета и контроля результатов внедрения мероприятий по техническому перевооружению и организации производства;

— создания механизмов, стимулирующих внедрение ресурсосберегающих технологий и рационального использования новой техники.

Таким образом, методология формирования плана технического перевооружения представлена на **рис. 4**.

Следующий этап — это реализация ПТП. Успешное выполнение этой задачи во многом определяется действенностью системы оперативного управления техническим перевооружением. Оперативная реализация технического развития производства в соответствии с заложенными направлениями осуществляется через годовые планы. Годовой план технического перевооружения

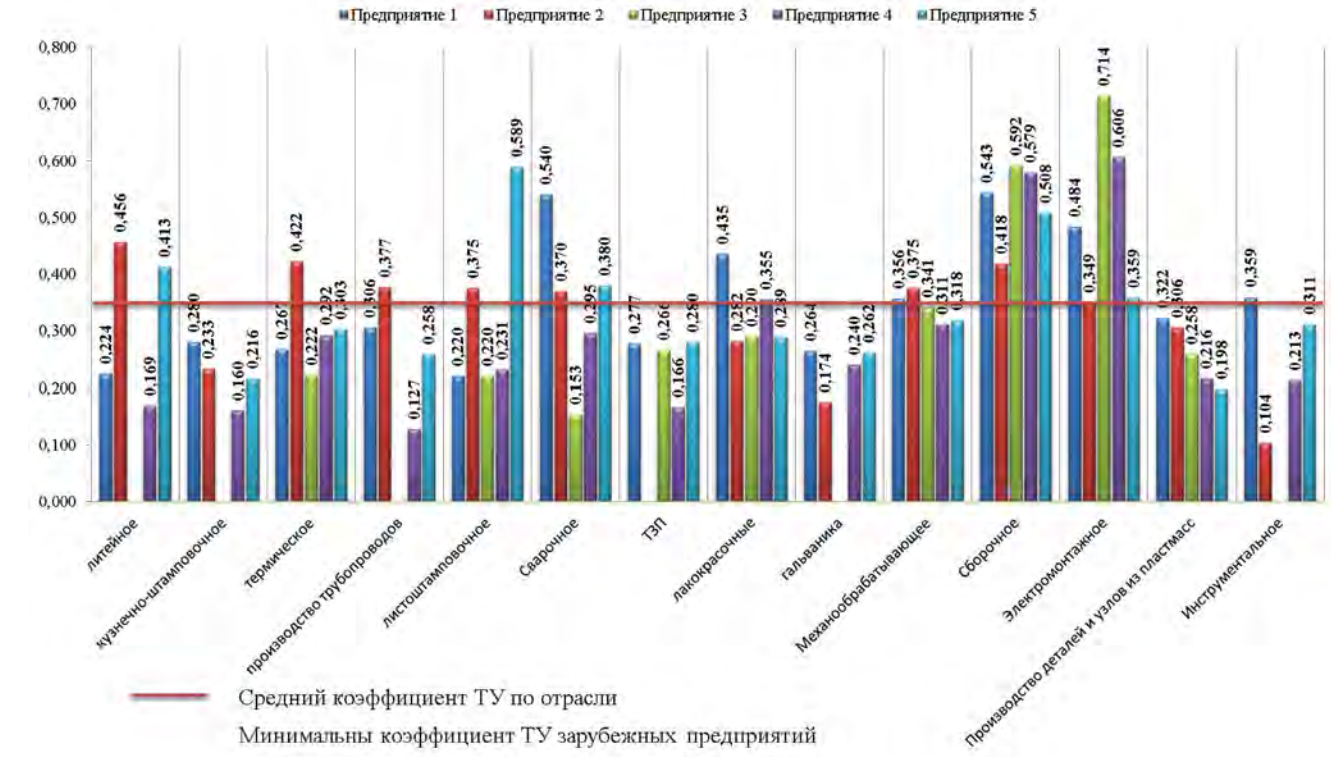



**Рис. 3. Сравнение технического уровня предприятий РКП по видам производств**

emco group

RUS

# Многофункциональное оборудование для решения сложных задач

## HYPERTURN 200 POWERMILL

**Токарно-фрезерный обрабатывающий центр для обработки крупных деталей за один установ**

- Комплексная обработка крупных деталей диаметром до Ø1000мм, с максимальной длиной до 6100 мм
- Конструкция box-in-box подвижной колонны для достижения максимальной жесткости
- Высокопроизводительный главный шпиндель для обработки на тяжелых режимах резания: 84кВт/6400Н.м
- Вспомогательный интерфейс emcoNNECT
- Динамичная и прецизионная ось B с высокой производительностью и высоким уровнем крутящего момента
- Сделано в сердце Европы

ООО „ЭМКО-Рус“
620100, Россия, г. Екатеринбург, ул. Восточная, 45
Тел.: +7 (343) 289-90-20
Факс: +7 (343) 289-90-22

METALLOOBRABOTKA-2018
14-18 мая 2018
Павильон / Стенд 8.2C02

EMCO-WORLD.COM

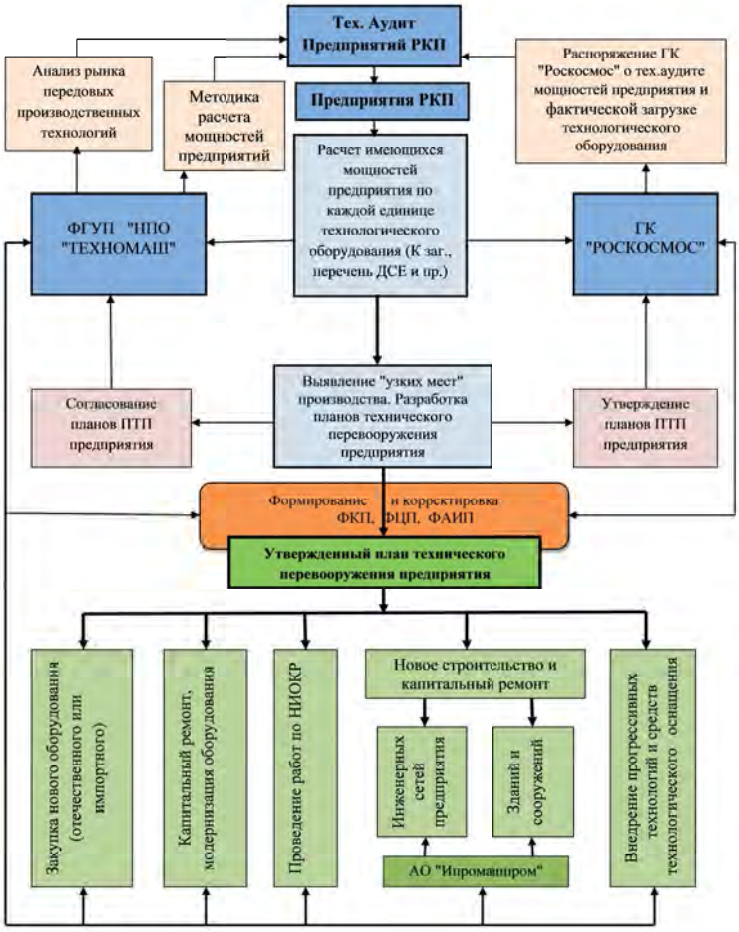



**Рис. 4. Методология разработки планов технического перевооружения**

должен максимально соответствовать заданиям на перспективный период, т. е. являться детализированным годовым фрагментом пятилетнего плана.

Для обеспечения дальнейшей разработки единого отраслевого ПТП на ФГУП «НПО «Техномаш» начата разработка отраслевого электронного каталога производственно-технологического и испытательного оборудования, рекомендованного к приобретению для технического перевооружения организаций РКП.

Каталог оборудования представляет собой многопользовательскую единую автоматизированную систему, основанную на единой базе данных, а также комплекс программно-технических и нормативно-справочных решений, предназначенных для организации процессов накопления, систематизации, хранения, обмена, внесения изменений информации по производственно-технологическому и испытательному оборудованию.

Дальнейшие работы по формированию каталога и применение его предприятиями РКП при разработке ПТП позволят:

— организовать консолидированную систему закупок технологического оборудования;

— получать экономию средств;

— решать задачи импортозамещения;

— повысить степень унификации технологического оборудования;

— сформировать и вести отраслевую электронную базу данных технологического оборудования;

— разработать единую базу сертифицированных поставщиков;

— разработать классификатор технологического оборудования.

Весь объем информации по плану технического перевооружения должен быть сформирован в базу данных. Дальнейшее совершенствование управления техническим перевооружением и повышение его эффективности связано не только с улучшением методики формирования и реализации плана, но и с разработкой и внедрением специальной подсистемы АСУ.

**Выводы**

Для обеспечения и совершенствования единого подхода в отрасли к техническому перевооружению необходимо:

1. Осуществлять формирование ПТП на основе достижения целевых показателей стратегии, в первую очередь по итогам расчета производственных мощностей предприятия, проведения технологического аудита.

2. Создание постоянно пополняемой базы новых зарубежных и российских передовых производственных технологий с целью их сравнения и выработки рекомендаций по эффективному внедрению в производство на предприятиях РКП. Данные рекомендации должны использоваться при формировании ПТП.

3. Совершенствование технического уровня производства, в первую очередь по технологическим переделам с высокой удельной трудоемкостью и низким техническим уровнем.

4. Создание интерактивной технологической карты ракетно-космической отрасли, которая будет включать перечень технологического оборудования и критических технологий предприятий РКП с анализом их состояния. Основной целью этой карты является исключение дублирующихся мощностей при реализации планов технического перевооружения предприятий отрасли.

5. Выработка единой технической политики в разработке планов ПТП на основе создания отраслевого каталога оборудования, рекомендуемого к приобретению для технического перевооружения предприятий РКП.

6. Разработка и внедрение отраслевого положения о планировании реконструкции и технического перевооружения производственно-технологической базы предприятий РКП для обеспечения утвержденной стратегии отрасли до 2030 г.

**Е. Г. Рахмилевич, Д. А. Дементьев, Д. А. Черемисин, П. П. Новиков, Н. В. Приходько, В. Г. Фонусев, А. Н. Шурко (ФГУП «НПО «Техномаш»)**
**e-mail: eugene5089@mail.ru**

**Литература**

1. Разработка методики технологического обследования предприятий отрасли — разработчиков и производителей РКТ по федеральной космической программе. Кн. 3. Т. 1. / ФГУП «НПО «Техномаш», рук. Кондратенко А. Н.; исполн.: Гапоненко О.В и др. — М., 2017. — 217 с. — № ГР 47702388027160002100. — Инв. № О-4776.
2. Ежегодный план технического перевооружения предприятий отрасли: Отчет о НИР. Кн. 3. Т 5. / ФГУП «НПО «Техномаш», рук. Кондратенко А. Н.; исполн.: Гапоненко О.В и др. — М., 2017. — 484 с. — № ГР 47702388027160002100. — Инв. № О-4776.

# ИДЕАЛЬНОЕ РЕЗЬБОНАРЕЗАНИЕ МУФТ НЕФТЯНОГО СОРТАМЕНТА НА СТАНКАХ VLC 800 CM / VLC 500 CM / VSC 400 CM

✓ ТОЧНОСТЬ ✓ КАЧЕСТВО ✓ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

**ПОСЕТИТЕ НАС:**
14-18 мая 2018 – ЦВК «Экспоцентр»
МЕТАЛЛООБРАБОТКА • METALLOOBRABOTKA
ПАВИЛЬОН 2.2
СТЕНД B17

## ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

+ Кратчайшее штучное время – высокая производительность
+ Минимальная себестоимость обработки детали
+ Высокая эффективность производства за счет встроенной системы автоматизации
+ Для всех типов резьб: API / ГОСТ / резьбы класса «премиум»

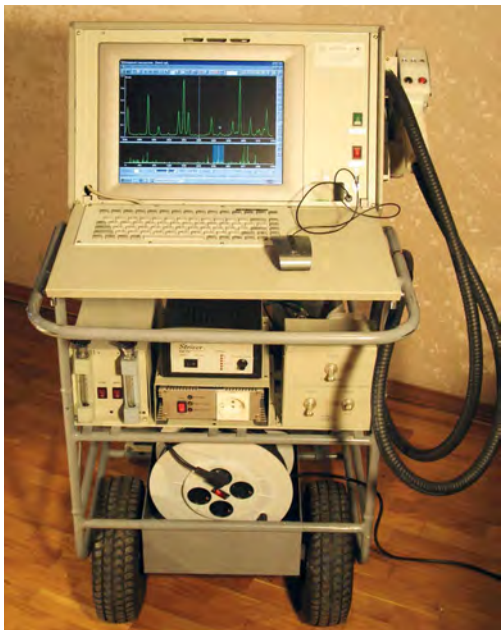
Технические характеристики: макс. диаметр патрона 445 мм | перемещение по оси X 850 мм | перемещение по оси Z 315 мм | макс. крутящий момент 1.200 Нм

EMAG
www.emag.com
info@emag.com

# НОВЫЕ РОССИЙСКИЕ СПЕКТРОМЕТРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

**Настольные универсальные спектрометры MCAII–V5 для точного анализа состава любых черных и цветных металлов при выплавке металлов, входном контроле:**

- — 500-мм оптическая система в спектрометре для обеспечения лучших аналитических возможностей, в том числе точного определения C, S, P;
- — возможность работы в реальных цеховых условиях с нестабильным электропитанием и температурой;
- — до 60 аналитических каналов одновременно;
- — контроллер аргона, обеспечивающий минимальное потребление;
- — обслуживание по России, СНГ;
- — модификация **с воздушным столиком** для анализа сыпучих проб и проб произвольной геометрии;
- — опция **«гибрид»** — стационарный спектрометр с обычным штативом +пистолет на гибком кабеле **для анализа больших деталей, отливок**



**Мобильный универсальный спектрометр «Минилаб СЛ» с пистолетом на гибком кабеле** для быстрого определения химсостава, включая C, Si, Al, Mg и другие элементы, независимо от их атомного веса, металлических деталей при производстве, входном контроле изделий, деталей, приемке металла на месте в цеху, на складе без отрезания образца, с автоматическим подбором марки стали, автономной системой электропитания.

**«Эпишур-А СЛ» — серия установок для очистки аргона** и других технических газов; семиступенчатая система газоочистки обеспечивает последовательное удаление всех вредных примесей и глубокую очистку газа до уровня менее 0,5 ppm.

**Настольный фрезерный станок СПП-30 для прецизионной подготовки поверхности проб для спектрального и рентгеноспектрального анализов**

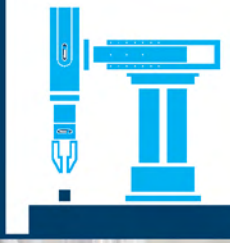
**Станок «Корунд-300» для подготовки поверхности проб стали и чугуна**

**Фотоэлектронная кассета для спектрографов ИСП-30, СТЭ-1, ПГС-2, ДФС-8 и др.**

**ООО «Спектральная лаборатория», 195009, г. Санкт- Петербург, а/я 115.**
**E- mail in@spectr-lab.ru http://www.spectr-lab.ru**
**тел. (812) 385-14-53, (812) 331-76-57, моб.+7–921–960–76–64.**

Equipped by

SCHUNK



Всего 2 шага
до полной настройки
Электрическая ось ELP

До 300 Н
силы захвата
Электрический захват
EGP для малых
компонентов

Всего 0,18 сек/180°
время поворота
Электрический
захватно-поворотный
модуль EGS

© 2018 SCHUNK GmbH & Co. KG

Superior Clamping and Gripping

SCHUNK®

# Все для вашей автоматической сборки

Более 10000 компонентов.
Новинка: программа мехатроники 24 В.

schunk.com/equipped-by

Equipped by

SCHUNK

**От 3 до 20 мм**
**Бесступенчатый зажим**
Механическая шлифовальная оправка PRISMO3

**Менее 3 мкм**
**Точность биения**
Шлифовальная оправка с технологией гидравлического зажима TENDO WZS

**До 80 Бар**
**Герметичные или с периферийным охлаждением**
GZB-S переходные втулки

© 2017 SCHUNK GmbH & Co. KG

Superior Clamping and Gripping

SCHUNK®

# Все для ваших шлифовальных станков

Самый широкий ассортимент шлифовальных инструментов для 14 вариантов стандартных станочных интерфейсов.

schunk.com/equipped-by

# КОМПАНИЯ LIEBHERR-VERZAHNTECHNIK GMBH: ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ТЕХНИКА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Компания Liebherr разрабатывает и производит высококачественные зубофрезерные станки и инструменты для изготовления зубчатых колёс, а также системы автоматизации. Инновационные продукты отличаются высокой точностью, доступностью и удобным управлением. Кроме этого, клиенты во всем мире ценят великолепную энергоэффективность и экономичность предлагаемых станков и систем.

## ЗУБОФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Компания Liebherr предлагает богатый выбор высококачественных зубофрезерных станков. Liebherr непрерывно совершенствует свои станки, при этом обращая особое внимание на уровень энергоэффективности. От автомобилей до ветряных колёс — производители во всём мире доверяют станкам Liebherr.

Программа зубофрезерных станков включает в себя зубофрезерные и зубодолбёжные станки обкатного типа, станки для обкатной вихревой обработки, профильно-шлифовальные и зубошлифовальные станки обкатного типа, а также станки для скашивания кромок и удаления заусенцев, предназначенные для черновой и чистовой обработки зубчатых цилиндрических передач на изделиях диаметром до 16000 мм. Новый интерфейс оператора LH Geartec делает управление зубофрезерными станками Liebherr особенно удобным и интуитивно понятным.

## ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Компания Liebherr является одним из ведущих мировых изготовителей инструментов для зубонарезания и для обработки подшипников. Liebherr предлагает клиентам индивидуальные решения. Кроме этого, в предлагаемом ассортименте представлено специальное оборудование для изготовления зубчатых зацеплений методом зубодолбления. Также компания Liebherr оказывает услуги по высококачественной обработке инструментов для изготовления зубчатых колёс от других изготовителей. Компания предлагает инновационные разработки и гарантирует долгий срок службы своих изделий, а значит, является надёжным партнёром в сфере производства.

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Группа компаний Liebherr входит в число ведущих мировых специалистов в области автоматизации. Она производит системы для автоматизации металлообрабатывающих машин и предлагает инновационные решения в области автоматизации производства и предприятий.

К предлагаемым системам автоматизации относятся линейные роботы, роботизированные транспортировочные системы и системы запоминающих устройств, а также решения по работе с паллетами. Это позволяет реализовывать проекты во всех сферах производства и монтажа. Liebherr гарантирует высокий уровень эксплуатационной готовности систем.

Использование менее дорогих и более универсальных систем автоматизации Liebherr способствует сокращению производственных расходов, а также позволяет быстро и гибко реагировать на изменения рыночного спроса. При этом Liebherr неизменно ориентируется на высокое качество, надёжность, экономичность и удобство эксплуатации, а также на универсальность своих изделий.

**LIEBHERR** на выставке Metalloobrabotka

**Посетите нас с 14 по 18 мая на Metalloobrabotka в Москве.** Мы рады приветствовать вас на нашем стенде: **павильон 2.2 стенд E17**.

# «АЛЬЯНС» — КОМАНДА ПРОФЕССИОНАЛОВ

ДВЕНАДЦАТЬ ЛЕТ РАБОТЫ КОМПАНИИ «АЛЬЯНС» НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ ПОДТВЕРЖДАЮТ ЭТО. ДМИТРИЙ ПЕТРОВ, ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА, ДАЛ ЭКСКЛЮЗИВНОЕ ИНТЕРВЬЮ ОБОЗРЕВАТЕЛЮ ЖУРНАЛА «РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ». ОБСТОЯТЕЛЬНЫЙ И ОТКРОВЕННЫЙ РАЗГОВОР ВЫШЕЛ ЗА ПРЕДЕЛЫ ПРОБЛЕМ ОДНОЙ ОТДЕЛЬНО ВЗЯТОЙ КОМПАНИИ.

**В списке ваших поставщиков оборудования два десятка компаний. По каким критериям вы их отбирали?**

Начну с констатации самого важного факта. Наши партнеры — изготовители станков — самый главный наш ресурс. И мы формировали этот ресурс, просеивая каждого потенциального партнера сквозь сито критериев. Прежде всего, они должны иметь качественную продукцию, за которую нам нести ответственность перед потребителями. Они должны иметь цену, соответствующую качеству станка. На рынке сегодня найдется ниша для станков с любым соотношением «цена — качество». Наша ниша находится в диапазоне, извините за невольную тавтологию, от середины среднего до уровня премиум. В дешевом сегменте мы не работаем. Мы работаем в нише, где требуется комплексный подход, где кроме хорошего оборудования мы должны предложить разработанную нами технологию и комплекс услуг, например, монтаж крупного оборудования. У нас не просто продажи, но и инжиниринг. Именно квалифицированный инжиниринг придает нашей компании позитивную динамику, формирует доверие потребителя. Мы помогаем нашим заказчикам разрешить их сомнения и найти оптимальное решение в сложных технологических ситуациях. Именно такое отношение к клиентам сформировало имидж нашей компании как надежного партнера.

Кроме качества и цены есть еще один критерий выбора поставщика оборудования. Это осознанное желание работать в России. Не все компании считают, что российский рынок так же широк для их продукции, как, например, американский или китайский. И как бы нам ни хотелось слышать разговоры о безграничности российского рынка, в своем нынешнем состоянии он довольно узок. Так вот наши партнеры — это те, кто видит свою перспективу на российском рынке и хочет здесь работать.

**Как вы выстраиваете отношения с вашими поставщиками?**

Не сочтите мои слова нескромными, но мы много сил и времени тратим на воспитание поставщиков. Когда происходят первые контакты с новым зарубежным производителем, нам всегда, пусть и не словами, дают почувствовать, что они как инженеры лучше. Но когда начинается фаза активного взаимодействия, когда мы принимаем станки на соответствие, на работоспособность, выявляются проблемы и выясняется, что реальное качество не всегда соответствует заявленному, где-то не доделали программное обеспечение, где-то станок не откалиброван. Одной-трех приемок достаточно, чтобы изготовитель понял: «Альянс» не допустит на российский рынок некачественный, или некомплектный, или не соответствующий заявленным параметрам станок. Какая бы сложная ситуация с производителем ни возникла, ты должен иметь достаточную квалификацию, чтобы не допустить проблему до своего клиента. И партнеры принимают наши правила игры.

**А как складываются ваши отношения с заказчиками?**

Мы работаем в основном с государственными корпорациями, среди которых «Ростех», «Объединенная судостроительная корпорация», «Объединенная авиастроительная корпорация», «Объединенная двигателестроительная корпорация», Минпромторг РФ, «Роскосмос», «Уралвагонзавод», «Тактическое ракетное вооружение», «Алмаз — Антей» «Трансмашхолдинг» и другие. Мы очень важное звено в цепи коммуникаций производителя и заказчика. Это совершенно необходимо нашим зарубежным партнерам, потому что заказчик из России отличается от европейского. По нашим наблюдениям, европейский заказчик более объемно формулирует свои требования и пожелания. Иногда приходится объяснять заказчику, что для того, чтобы убрать лишний функционал, не обязательно иметь очень дорогие станки. Это должно стоить дешево. Вот более тонкие решения можно делать уже на более точных и дорогих станках. Поэтому очень точные и очень дорогие станки редко объективно необходимы. Да, деньги позволяют, можно купить «на всякий случай». Но категорически нельзя покупать станок «на вырост» с мыслью, что завтра вдруг еще какая-то деталь появится под этот станок. Простоит такой станок несколько лет и утратит способность должным образом работать при бессмысленно замороженных деньгах и неполном использовании заложенного в станок технологического потенциала. И реально приходилось отговаривать заказчика от покупки станка «на вырост».

**Какое направление деятельности дает наибольшую долю в обороте?**

Определенно продажи. Хотя у нас есть инжиниринг, сервис, конструкторские разработки, самостоятельного вклада в оборот они не дают, поскольку сопутствуют продажам. Мы можем осуществлять и постгарантийное обслуживание, но в штате многих наших потребителей есть мощные ремонтные службы, а с маленькими компаниями мы не работаем.

**Вы называете себя командой профессионалов. Где вы берете высококвалифицированных специалистов?**

Часть людей приходит из других компаний, видя у нас больше возможностей для самореализации. Часть специалистов готовим сами. Если видим в человеке творческую искру, то сначала «пристегиваем» к ведущему специалисту, а потом просто «бросаем в воду», и если мы в нем не ошиблись, то он уверенно поплывет. Сервисные инженеры быстрее созревают, достаточно полугода.

С технологами другая история, там важно базовое образование.

**А у производителей станков свой персонал учите?**

При первом запуске бренда это происходит всегда. Когда берем у изготовителя первый станок, наш специалист обязательно пройдет обучение на заводе-изготовителе. Следующий станок будем запускать сами и обучать заказчика будем сами. Естественно, в процессе этой работы идет постоянное расширение баз данных и методических указаний на их основе. Клиентов тоже обучаем. И если это сложные большие станки, то специалисты клиента обязательно едут на завод-изготовитель и перед приемкой проходят обучение.

**У европейских производителей сейчас есть трудности с продажами в Россию высокотехнологичного оборудования. Был ли у вас спад продаж, и если да, то чем вы его компенсировали?**

Спада не было. До возникновения нынешних трудностей в нашей линейке преобладало оборудование из Чехии, Словакии, Тайваня и Южной Кореи. Им было проще поставлять оборудование в Россию в отличие, например, от японских и немецких производителей.

**У всех на устах слово «импортозамещение». Насколько вам кажется привлекательной перспектива поставлять отечественное оборудование?**

Сама идея импортозамещения объективно правильная, но ее реализация пока несовершенна.

**Как человек, чувствующий и понимающий рынок, в чем вы видите главный изъян реализации?**

Не просматривается отчетливое намерение государства развивать станкостроение — ни в организационном плане, ни в финансовом. Импортозамещение — это значит создание российского продукта. А что сейчас? Иностранные производители привозят полные машинокомплекты, а произведенное оформляют как российский продукт. Если государство видит перспективу в отечественном рынке, оно должно вкладываться в эту системообразующую отрасль. Я наблюдал за одним интересным явлением, когда российские предприниматели под свои задачи покупали зарубежные станкостроительные заводы. И вроде бы логично: если у тебя, например, большой объем металлопродукции, почему бы не купить завод, выпускающий станки для производства твоей продукции? Но лет через пять они эти заводы начали продавать.

**Потому что?..**

Потому что не могли управлять ими эффективно. Они думали, что часть будут использовать сами, а часть продавать на рынке. Не получилось, потому что на европейских рынках свои проблемы, и вместо станков пришлось продавать заводы. Вот и с импортозамещением так получается. Нет динамично развивающегося рынка, под который требовались бы станки. И еще один важный момент. У нас очень высокая себестоимость изделий. Почему продукция азиатских компаний дешева при растущем качестве? Потому что они над этим работают.

**Бывает, что компания, которая занимается продажами, однажды приходит к собственному производству. Вас такая идея посещала?**

Идея очень привлекательная, и она у нас в головах зреет. Но портфель заказов забит до января следующего года. Для реализации такой идеи потребуется дополнительное привлечение высококвалифицированных кадров.

**На рынке вы одна из многих инжиниринговых компаний. Что вы можете предложить рынку такого, чего не могут предложить другие?**

Сложный вопрос. В принципе, спектр услуг, которые предлагают игроки рынка, схож. У каждого есть услуги, инжиниринг, обученные продавцы, свои клиентские базы. Но у нас, я бы сказал, перфекционистская исполнительность. По срокам, по проработке комплектации, доставке, своевременному обучению, наладке. За этим стоит вдумчивая работа над проектами и уважение к заказчику. Когда заказчик говорит, что работа с нами — это игра в одно касание, для нас это высшая похвала. Именно это придает устойчивость нашему имиджу надежного партнера.

**Как вы видите развитие вашей компании?**

Мы будем заниматься поиском новых ниш, интересных рынку. Сегодня мы занимаемся металлорежущими станками, но наступают технологии противоположного свойства — растить изделие, а не отсекать лишнее. Я имею в виду аддитивные технологии. И это только один из возможных путей нашего развития. Как выпускник кафедры станков «Бауманки», я много лет погружен в проблемы металлообработки. Это мое, и мне ясно одно: мы, как и сегодня, будем заниматься станками.

**Зинаида Сацкая**

АЛЬЯНС

**ООО «Альянс»**
**+7 (495) 741-59-15**
**http://stankialiance.ru**

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ОБЕЧАЙКИ С ВАФЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ

ПРИ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ ОБЕЧАЕК С ВАФЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ ДЕФОРМАЦИИ ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. ПРИМЕНЕНИЕ ОЦЕНОЧНОЙ МЕТОДИКИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТАКИХ ИЗДЕЛИЙ ДАЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ ЭКОНОМИТЬ И ВРЕМЯ, И СРЕДСТВА.

Обечайки с вафельной конструкцией (ВКО) являются достаточно распространенным конструктивным решением в изделиях авиакосмической отрасли, позволяющим сохранить прочность на достаточном уровне при существенном снижении веса обечайки в сравнении с цельной плитой. Такой конструктив широко применялся при проектировании топливных баков, отсеков ракет, корпусных деталей космических кораблей и крыльев самолетов. В большинстве случаев материалом обечаек являлись различные алюминиевые сплавы, применялись и различные методы изготовления таких обечаек в зависимости от требований по точности, в том числе штамповка, химическое фрезерование, механическая обработка [1].

Вафельная конструкция обечайки корпуса корабля нового поколения — это тонкостенное полотно, изготовленное из высокопрочного алюминиевого сплава с продольными, поперечными или диагональными ребрами, образующимися при пересечении ячейки и выполненными с полотном как единое целое [2]. Один из вариантов такой обечайки представляет собой несколько сегментов плит конической формы толщиной 19 мм, сваренных между собой, в которых располагаются карманы размером 100×100 мм и глубиной 17 мм. Толщина стенки между карманами при этом 3±0,2 мм, толщина дна соответственно 2±0,2 мм (**рис. 1**). Шероховатость поверхностей задана на уровне Ra 3,2 мкм. Радиус скругления в углах составляет 10 мм, радиус скругления по дну — 2 мм. Обечайка с такими точностными характеристиками может быть получена методом механической обработки.

Предполагаемый материал обечайки корпуса — алюминий-скандиевый сплав 01570С обладает более высокой прочностью, чем АМг6 (предел прочности 383 против 300 МПа) [3], усилия резания при механической обработке выше на 13%. Несмотря на это, материал имеет хорошую обрабатываемость, особых проблем с обработкой в целом не возникает.

Однако, как показало нагружение обечаек с вафельной конструкцией и расчет деформаций, ограничения могут возникнуть при получении ее тонкостенных элементов с заданной точностью, когда силы, возникающие при фрезерной обработке, становятся эквивалентны силам, способным вызвать деформации тонкостенных элементов.

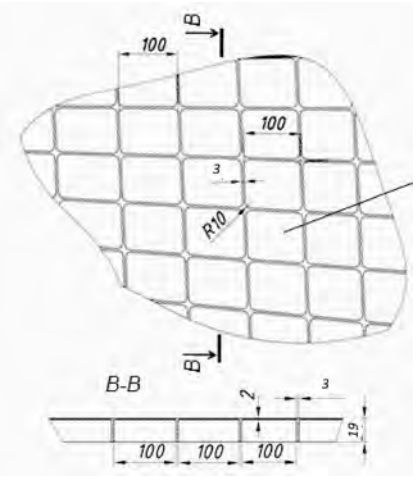



**Рис. 1. Предполагаемые геометрические параметры обечайки с вафельной конструкцией космического корабля нового поколения**

Технологичность обечайки с вафельной конструкцией предлагается оценивать коэффициентами (**рис. 2**) в соответствии с их значениями (**табл. 1**), представляющими собой отношения геометрических параметров (1); (2):

$$Kp = Hp / Sp, \quad (1)$$

где *Kp* — коэффициент ребра; *Hp* — высота ребра; *Sp* — толщина ребра;

$$Kд = Lд / Sд, \quad (2)$$

где *Kд* — коэффициент дна; *Lд* — минимальная длина кармана; *Sд* — толщина дна.

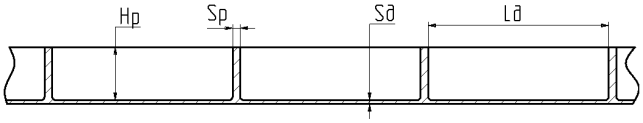



**Рис. 2. Геометрические параметры ВКО**

Величина коэффициентов *Kp* и *Kд* в зависимости от технологичности ВКО представлена в **таблице 1**. Данные результаты получены на основе результатов нагружения и расчета методом конечных элементов 12 вафельных обечаек (**рис. 3**) силами, действующими в процессе резания.

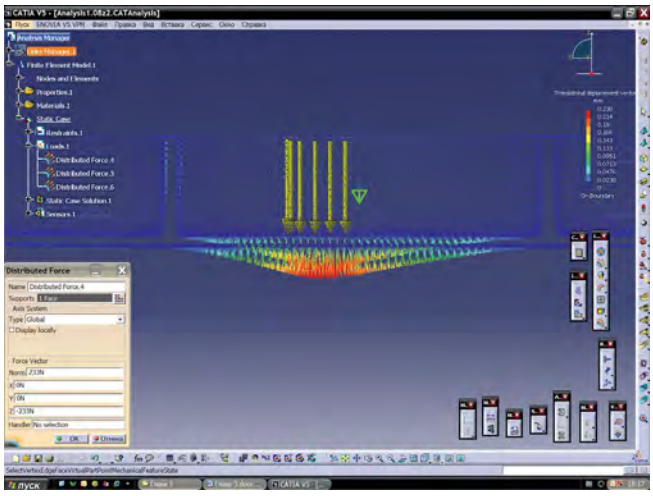


**Рис. 3. Расчет деформаций методом конечных элементов**

**Таблица 1. Значения коэффициентов *Kp* и *Kд***

| Технологичность / Коэффициент | Технологична (конструктивные размеры не влияют на получение ее параметров) | Ограниченно технологична (имеются ограничения по режимам обработки) | Нетехнологична (изготовление с заданными параметрами представляет высокую сложность) |
|---|---|---|---|
| *Kp* | < 15 | 15–30 | > 30 |
| *Kд* | < 40 | 40–60 | > 60 |

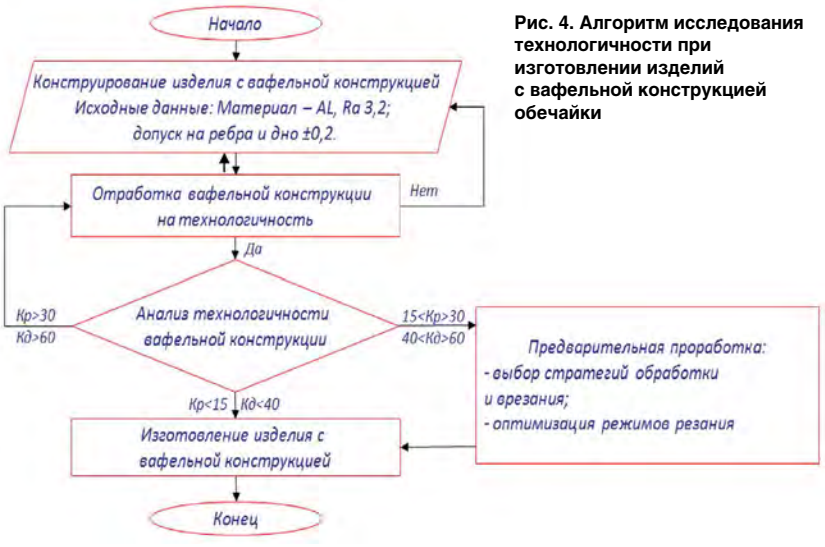



**Рис. 4. Алгоритм исследования технологичности при изготовлении изделий с вафельной конструкцией обечайки**

Для указанных выше параметров предполагаемой вафельной конструкции обечайки корпуса космического корабля нового поколения:

коэффициент ребра: $Kp = Hp / Sp = 17 / 3 = 5{,}67$

коэффициент дна: $Kд = Lд / Sд = 100 / 2 = 50$.

Алгоритм исследования технологичности при изготовлении изделий с вафельной конструкцией обечайки представлен на **рис. 4**.

По результатам расчета принимается решение:

— обечайка с вафельной конструкцией технологична при производстве;

— обечайка с вафельной конструкцией технологична, но для производства с целью минимизации трудоемкости при отладке требуется проведение расчетно-аналитических работ по определению стратегий и режимов обработки [4];

— обечайка с вафельной конструкцией нетехнологична, существует большая сложность при механической обработке для получения заданных параметров конструкции, по возможности требуется пересмотр конструкции.

Таким образом, полученные диапазоны коэффициентов *Kp* и *Kд* (**табл. 1**) позволяют определить технологичность обечайки с вафельной конструкцией при ее изготовлении методом механической обработки, что особенно актуально при проектировании ответственных изделий.

**А.М. Зайцев, к.т. н.**
**Главный конструктор — начальник отдела**
**ЗАО «ЗЭМ» РКК «Энергия»**
**С.Ю. Шачнев, к.т. н.**
**Первый заместитель генерального директора — технический директор**
**ЗАО «ЗЭМ» РКК «Энергия»**

**Литература**

1. Юрцев Е.С. Высокоскоростная обработка «вафельных» обечаек из алюминиевых сплавов // Технология машиностроения. 2012. № 9. С. 5–8.
2. ГОСТ 22350–91. Корпус ракеты на жидком топливе. Термины и определения.— Введ. 15.05.91.— М.: Госстандарт Союза ССР: Изд-во стандартов, 1991.
3. Грубый С.В., Зайцев А.М. Оптимизация режимных параметров фрезерования карманов в корпусных деталях из алюминиевых сплавов // Наука и образование. Электронное научно-техническое издание. 2015. № 7. С. 44–65.
4. Зайцев А.М. Разработка направлений повышения эффективности технологической подготовки производства деталей и узлов ракетно-космической техники: Дис. … канд. техн. наук: 625.90.025 / Зайцев Алексей Михайлович; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана.— М., 2016.— 169 с.

Полный ассортимент генераторных ламп, применяемых в металлообработке. Высоковольтные конденсаторы. Расходные материалы и оптика для лазерных станков Trumpf, Bystronic. Техподдержка

ETSC
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

АВАНТИ
ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Richardson Electronics

Индукционный нагрев

Лазерная резка

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ™ — ООО «ВЕКТ»
Россия, 107497, Москва, Щелковское шоссе д. 77/79
Тел. +7 (495) 228-88-98 (многоканальный);
Факс +7 (495) 228-88-98 доб. 105
www.etsc.ru • tubes@etsc.ru

ООО «АВАНТИ»
Россия, 197198 С-Петербург, ул. Зверинская, д.7/9
Тел. /факс +7 (812) 327-12-70
www.avantispb.com • import@avantispb.com

Richardson Electronics Ltd.
Via Colleoni, 5 Palazzo Taurus 3
Agrate Brianza, Milano, 20041 Italy
Phone +39 039653145 ext. 215
Fax +39 039653835
www.rell.com • edg@rell.com

Eimac
Amperex
THALES
JENNINGS TECHNOLOGY
CELEM Power Capacitors
NATIONAL ELECTRONICS
VISHAY
TOSHIBA
hyco
radiocer

# ОПТИМИЗАЦИЯ 3D-ПЕЧАТИ НА СТАНКЕ С ЧПУ

ВСЕ БОЛЕЕ СЛОЖНЫЕ И «УМНЫЕ» СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ВХОДЯТ В ЖИЗНЬ ЛЮДЕЙ. СООТВЕТСТВЕННО СОВЕРШЕНСТВУЮТСЯ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА В НАПРАВЛЕНИИ ГИБРИДИЗАЦИИ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ.

Актуальной задачей последних лет стало совмещение бурно развивающихся аддитивных технологий [1] с традиционной обработкой металла в рамках одного станка. Решается она и в НГТУ им. Р.Е. Алексеева на кафедре «Технология и оборудование машиностроения» на базе лаборатории «Нанотехнологии в машиностроении». В частности, здесь был успешно испытан экспериментальный комплекс, представляющий из себя вертикально-фрезерный станок с ЧПУ, в который был внедрен аппаратно-программный комплекс по 3D-печати электродуговой наплавкой. Вследствие этого оборудование получило возможность в своей рабочей зоне формировать с нуля заготовку детали и выполнять ее окончательную механическую обработку [2]. После процесса отладки выполнялись экспериментальные исследования, призванные подтвердить работоспособность гибридной системы. Специально для этого была разработана 3D-модель детали типа корпус (**рис. 1**), после чего на основании модели был сформирован код программы ЧПУ для 3D-печати заготовки на подложке. Полностью наплавленная заготовка представлена на **рис. 2**. Как завершение технологического процесса была выполнена чистовая механическая обработка поверхностей и в результате получена деталь (**рис. 3**).

Помимо этого были наплавлены образцы из того же металла, что и тестовая деталь, — в нашем случае сталь Св-08Г2С. Они были использованы для микроструктурного анализа, чтобы установить качество наплавки (**рис. 4**).

Анализ микроструктуры образца показал отсутствие микротрещин, непроваров и пор, крайне редко могут встречаться шлаковые включения небольшой величины. При этом следует отметить, что после переплавки проволоки в заготовку увеличились зерна металла, что может негативно сказаться на конечных прочностных характеристиках изделия. Чтобы уменьшить размер зерен и увеличить прочность, можно использовать несколько способов, это: легирование зоны наплавки, управление режимами печати и постпечатная термическая обработка.

Применение аддитивных технологий на станках с ЧПУ — весьма перспективное направление, однако нужен постоянный контроль и управление процессом 3D-печати в реальном времени. Именно поэтому созданный комплекс был оборудован специально разработанной интеллектуальной системой управления и оптимизации режимов 3D-печати. Данная система базируется на модулях высокопроизводительных вычислений технологии nVidia CUDA и глубокого обучения нейронных сетей [3, 4] с обеспечением обратной связи для оптимизации

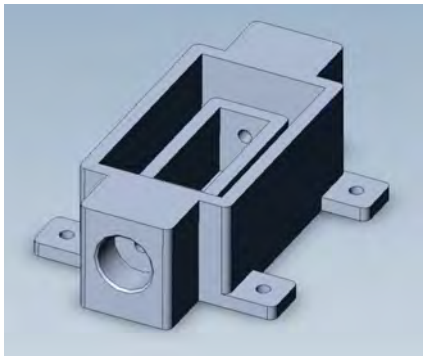


**Рис. 1. 3D-модель детали «Корпус»**

**Рис. 2. Заготовка детали «Корпус»**

**Рис. 3. Деталь «Корпус» после механической обработки**

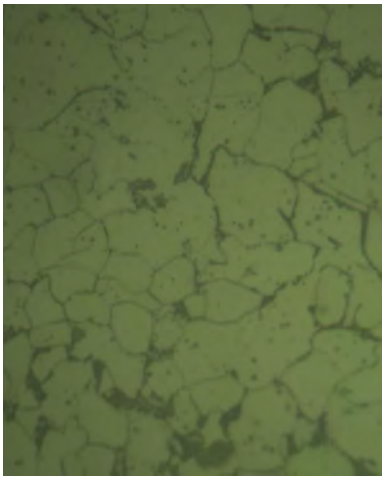


**Рис. 4 Образец и микроструктура образца (x1000)**

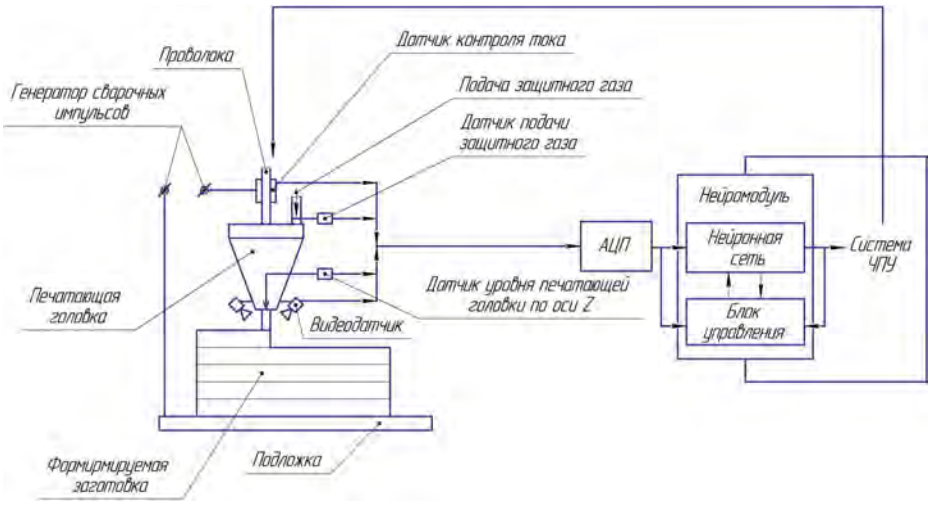



**Рис. 5. Принципиальная схема функционирования системы оптимизации режимов 3D-печати**

режимов электродуговой наплавки в процессе 3D-печати.

Для оптимальной работы комплекса необходимо собирать большой объем данных, которые постоянно меняются в процессе работы системы. На **рис. 5** представлена схема части системы, отвечающая за сбор и обработку данных.

На датчики, распределенные по комплексу, собирается следующий перечень входных данных:

— сигнал акустической эмиссии;

— расстояние между формируемым слоем и торцом печатающей головки;

— данные о ширине и длине сварочной ванны;

— данные о величине и продолжительности сварочных импульсов;

— непрерывность процесса наплавки;

— данные о поступлении защитного газа в зону печати;

**Рис. 6. Структура интеллектуальной гибридной киберфизической системы механической обработки с возможностью 3D-печати и использованием облачных технологий**

— текущее положение печатающей головки по оси Z;

— данные о наличии проволоки и оставшемся ее количестве;

— текущая скорость перемещения печатающей головки;

— текущая скорость подачи проволоки.

Собранные с датчиков сигналы проходят через аналогово-цифровой преобразователь, откуда цифровой сигнал передается в нейромодуль. В нейромодуле происходит анализ полученной информации, необходимые вычисления и сравнение с полученной ранее информацией о процессе (предыдущий опыт системы, ее память). На основании этой информации система принимает решение об оптимизации того или иного параметра при 3D-печати.

Ниже представлен перечень элементов системы, на которые оказывает воздействие нейронная сеть с целью оптимизации процесса:

— генератор импульсов сварочного тока;

— механизм подачи проволоки;

— механические части станка, отвечающие за положение печатающей головки по оси Z;

— механические части станка,отвечающие за скорость перемещения;

— электрическая схема станка, отвечающая за включение сварочного тока, подачу проволоки и защитного газа.

Основной нейропроцессор (**рис. 6**) состоит из микроконтроллера с нейроморфным процессором CM1K, который обеспечивает формирование задающего воздействия для системы управления станком с ЧПУ и сварочным автоматом. В основе нейроморфного процессора лежит кристалл, изготовленный по технологии 130 нм и содержащий сеть из 1024 нейронов, работающих на частоте 27 МГц. На вход нейпроцессора поступает информация о проволоке, из которой формируется объект, текущее значение фрактальной размерности сигнала акустической эмиссии и другие параметры из перечня входных данных, перечисленных выше. На основе этой информации нейропроцессор формирует определенное состояние выходных нейронов, которые определяют направление задающего воздействия. Выходными параметрами при этом будут: сила тока на сварочном полуавтомате, напряжение, зазор между горелкой и столом, скорость перемещения стола по координатам X и Y, интенсивность подачи защитного газа. В следствие того, что нейропроцессор соединен с обратной связью, а значит, со станком и сварочным автоматом, система получает возможность самоадаптироваться к оптимальным режимам печати. Критерием оптимальности режимов в системе выступает значение фрактальной размерности аттрактора акустической эмиссии [6]. Все сигналы, поступающие с датчиков, подвергаются оцифровке и отправляются в облако или серверное хранилище предприятия, откуда могут быть использованы для переобучения нейронной сети. При этом появляется возможность обмена опытом между машинами для достижения наилучших результатов [5].

Помимо основного нейрочипа в состав системы входит дополнительный нейрочип CM1 K, который предназначен выявить типовые дефекты наплавки. При этом для повышения точности определения фрактальной размерности DF-аттрактора сигнала акустической эмиссии используются специальные wavelet-фильтры, чтобы убрать шумовую составляющую на основе декомпозиции сигнала на разных уровнях.

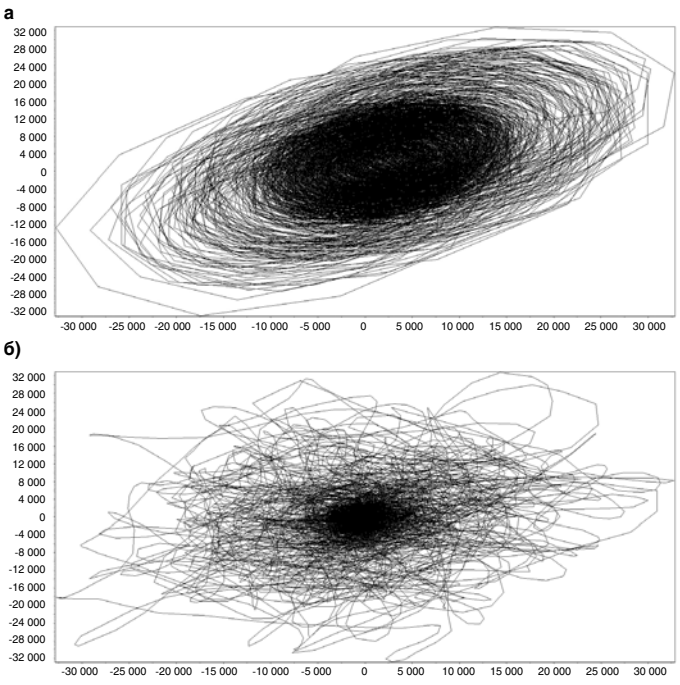



**Рис. 7. Аттракторы сигнала процесса наплавки: а) устойчивый процесс структурообразования (DF = 5,3); б) неустойчивый процесс (DF = 7,8)**

Пример аттракторов акустической эмиссии, полученных в процессе 3D-печати, можно увидеть на **рис. 7а** при оптимальном (устойчивом) и **рис. 7б** при неустойчивом процессе наплавки.

Как показано в работе [6], чем меньше DF, тем устойчивей структурное состояние металла при охлаждении (кристаллизации). Поэтому, сравнивая величину фрактальной размерности, можно определить оптимальный режим 3D-печати. Фрактальная размерность аттрактора (**рис. 7а**) составляет DF = 5,3, а размерность аттрактора (**рис. 7б**) составляет DF = 7,8. Сравнив эти значения, можно увидеть, что фрактальная размерность первого процесса меньше, чем у второго, из этого следует, что первый процесс протекает более стабильно, чем второй, и там заданы оптимальные режимы, которые нам необходимы для получения качественной заготовки.

Таким образом, аппаратно-программный комплекс по 3D-печати электродуговой наплавкой совместно с разработанной интеллектуальной системой управления и оптимизации режимов 3D-печати, которая основана на модулях высокопроизводительных вычислений и глубокого обучения с обеспечением обратной связи, позволяют значительно расширить возможности станков с ЧПУ действующего производства, сделать их работу оптимальной и более эффективной. В результате применения данных разработок повышается стабильность процесса 3D-печати и минимизируется количество дефектов, сокращается время производства заготовки, т. к. используется самый выгодный режим работы оборудования.

**Ю. Г. Кабалдин, д. т. н., профессор**
**П. В. Колчин, Д. А. Шатагин, А. В. Киселев**
**Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева**
**e-mail: posledny@mail.ru; uru.40@mail.ru**
**тел: +7-910-140-06-04**

**Литература**

1. DAMEN SHIPYARDS GORINCHEM [Электронный ресурс] World's first class approved 3D printed ship's propeller unveiled. URL: http://www.damen.com/en/news/2017/11/worlds_first_class_approved_3d_printed_ships_propeller_unveiled (дата обращения: 26.03.2018)
2. Кабалдин Ю. Г., Колчин П. В. 3D-печать на металлорежущем оборудовании. РИТМ Машиностроения. № 6. 2016, с. 20–22.
3. Ю. Г. Кабалдин, С. В. Биленко, С. В. Серый. Управление динамическими процессами в технологических системах механообработки на основе искусственного интеллекта. Комсомольск-на-Амуре: Изд-во ГО ВПО КнАГТУ, 2003. 201 с.
4. Кабалдин Ю. Г., Лаптев И. Л., Шатагин Д. А., Серый С. В. Диагностика выходных параметров процесса резания в режиме реального времени на основе фрактального анализа и вейвлет-анализа с использованием программно-аппаратных средств National Instruments и Nvidia CUDA // Вестник машиностроения. 2014. № 8. С. 80–82.
5. Промышленный интернет на практике: удаленная диагностика станков с ЧПУ с помощью технологии Winnum [Электронный ресурс] URL: http://www.controlengrussia.com / (дата обращения: 28.01.2018)
6. Ю. Г. Кабалдин, Д. А. Шатагин, М. С. Аносов, Д. А. Сидоренков, М. В. Желонкин, А. А. Головин. Оценка и диагностика структурной устойчивости металлов при низких температурах на основе подходов нелинейной динамики и искусственного интеллекта: монография / Ю. Г. Кабалдин [и др.]; под ред. Ю. Г. Кабалдина. Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева. Нижний Новгород, 2017. — 210 с.

# Производитель гидравлических прессов

SINCE 1976

## Комплексный подход к разработке, производству и решениям

С **1976** года компанией осуществлены поставки более чем **4500** гидравлических прессов с усилием от **10** до **6000** тонн. Внедряя новые технологии **DEES** поставила более **45** тандемных линий для ведущих производителей в различных отраслях промышленности.
**DEES** – профессионал в **ODM** и **OEM** в секторе гидравлических прессов.

**МЕТАЛЛООБРАБОТКА**
14-18 Мая 2018
**Зал 2.3, стенд 23B10**

ISO 9001:2015

**DEES HYDRAULIC INDUSTRIAL CO., LTD.**
HEAD OFFICE: TAIPEI, TAIWAN PHONE: +886 2 2601 8661
E-mail: sales@spc.com.tw website: www.deesgroup.com.tw

Агент в России:
WEBER COMECHANICS
ТЕХНОЛОГИИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА
burilichev@weber.ru
www.weber.ru
+7 (495)925 8887 EXT.5481

# SPEED VIPER: НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБКАТНОГО ЗУБОШЛИФОВАНИЯ

СОЗДАВ ИННОВАЦИОННУЮ КОНЦЕПЦИЮ СТАНКА, МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ KLINGELNBERG ОСВАИВАЕТ НОВЫЙ РЫНОК — КРУПНОСЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС. СТАНОК SPEED VIPER, ПРЕДСТАВЛЕННЫЙ НА ВЫСТАВКЕ EMO–2017 В ГАННОВЕРЕ,— ЭТО ЦЕЛОСТНАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА, СОСТОЯЩАЯ ИЗ ПРОЕКТИРОВОЧНОГО ПО, НОВОГО ОПЕРАТОРСКОГО ПО И ИННОВАЦИОННОГО АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. ЭТА АБСОЛЮТНО НОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОБКАТНОГО ШЛИФОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ВЫПУЩЕНА ОДНИМ ИЗ ВЕДУЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ В ДУХЕ КОНЦЕПЦИИ «ИНДУСТРИЯ 4.0».

Зубообрабатывающая промышленность, как, впрочем, и все другие производственные отрасли, переживает настоящую революцию. Производственные системы стремительно оцифровываются — переводятся на электронные технологии обработки данных. Для этого нужны достаточно «умные» комплексы, помогающие операторам и активно управляющие производством. Производственные системы должны уметь оптимизировать сами себя, повышая качество и производительность. Требования к качеству зубчатых зацеплений и технологической работоспособности производственных систем при этом постоянно растут. С новыми вызовами постоянно сталкивается, в частности, автомобильная отрасль. «Например, анализ волнистости стал в автомобилестроении важным подспорьем для оценки шумовых качеств зубчатых зацеплений. Наши клиенты отмечают, что имеющиеся решения не в состоянии обеспечить уровень качества, требуемый для электромобилей,— рассказывает Ян Клингельнберг, генеральный директор концерна Klingelnberg. — На основе нашей проверенной временем зубошлифовальной технологии Höfler для цилиндрических колес мы разработали инновационное решение, рассчитанное на крупные серии. Для нас это означает перенос знаний и опыта из сферы конических колес в сферу колес цилиндрических». Компания уже давно успешно обслуживает клиентов-автомобилестроителей, поставляя станки для изготовления конических зубчатых колес и координатно-измерительные центры. Klingelnberg входит в число лидеров по серийному шлифованию топологических модификаций на боковых поверхностях зубьев. В связи со сложной геометрией деталей для этого нужны высокопрецизионная машинная база и оптимальные приводы, способные раз за разом точно позиционировать шлифовальный круг у заготовки. Для коррекции столь непростых координатных перемещений требуется целостная производственная система, состоящая из аппаратного обеспечения станка, программного обеспечения станка и корректировочных программ. Концепция станка Speed Viper — это обобщенные преимущества технологии изготовления конических колес Oerlikon и технологии обработки цилиндрических колес Höfler. Разработанное компанией Klingelnberg ПО Höfler уже зарекомендовало себя надежным помощником в расчете геометрии цилиндрических зубчатых колес.

## ОБОБЩЕНИЕ ИМЕЮЩЕГОСЯ ОПЫТА И СОЗДАНИЕ НОВЫХ РЕШЕНИЙ

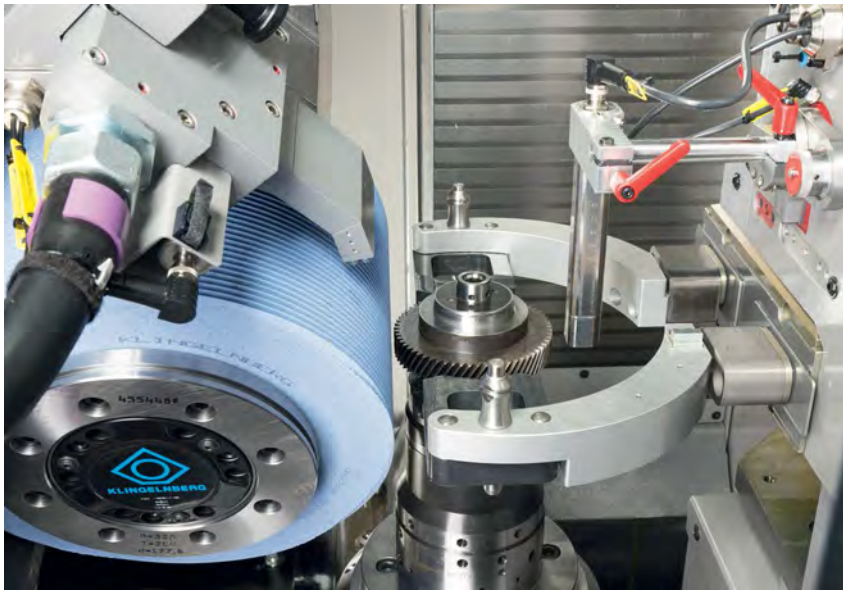
Конструкторы опирались на успешный опыт разработки станков C 30 и G 30 (для конических колес), а также станка VIPER 500 (для цилиндрических колес). В новом станке Speed Viper проектирование и производство зубчатых колес последовательно связаны между собой и полностью интегрированы в производственную систему Klingelnberg. В сферу производства цилиндрических колес удалось перенести и уникальную технологию замкнутого контура (Klingelnberg Closed Loop), развернутую на абсолютно новой технической основе. «Из опыта работы с коническими колесами мы знаем, что необходимое условие для разработки надежной геометрии зубчатых зацеплений — учет производственной кинематики на этапе проектирования»,— поясняет Ян Клингельнберг. Для проектирования тихих и прочных конических зубчатых передач компания Klingelnberg разработала систему KIMoS: в этой системе на основе нейтрального станка моделируется возможная геометрия, за счет чего конструктор может оптимизировать зубчатое зацепление. Gear Designer — похожая система, созданная Klingelnberg для зубошлифования по методу обкатки. На каждом этапе производства она создает цифрового близнеца цилиндрических зубчатых колес. Это полезное подручное средство, позволяющее инженеру-проектировщику моделировать геометрию изготавливаемой зубчатой детали. Благодаря этому еще на этапе проектирования можно выявлять отклонения, обусловленные особенностями производственного процесса, и оценивать, ухудшат ли они шумовые характеристики. Этот автоматический контур контроля качества — важный фактор в налаживании производственного процесса зубчатых цилиндрических колес, соответствующего духу «Индустрии 4.0».

## CLOSED LOOP — ТЕПЕРЬ И ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗУБЧАТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС

Новая концепция управления реализована с помощью ПО Gear Designer и Gear Operator и меняет принцип работы по сравнению с предыдущими зубообрабатывающими станками Klingelnberg. Поэтому еще на этапе разработки компания открыла в городе Эттлинген демонстрационную лабораторию, где знакомила своих клиентов с системой замкнутого контура (Closed Loop). «Последовательное разделение разработки технологического процесса и производства — именно то, чего хотят наши заказчики,— рассказывает Ян Клингельнберг.— Недопустимо, чтобы оператор машины мог изменять утвержденную геометрию зубчатого зацепления, над которой месяцами работал конструктор. Новая система дает конструкторам доступ к моделированию возможных вариантов геометрии, которые ложатся в основу контура контроля качества — Closed Loop». Наборы данных, составленные в процессе конструирования, сохраняются в базе и утверждаются для производства. Каждый набор данных — это виртуальный близнец зубообрабатывающего станка и изготавливаемой детали. Оператор выбирает нужный для производства набор данных с помощью ПО Gear Operator станка Speed Viper. Набор содержит данные о геометрии инструмента и кинематических характеристиках процесса. Кроме того, там хранятся данные процесса, такие как скорость реза и подачи. Это гарантирует, что зубчатые колеса будут шлифоваться с одинаковыми параметрами независимо от конкретного станка Speed Viper и оператора. При измерении зубчатого колеса на станке серии P результаты сохраняются в базе данных. Одновременно с этим оператор станка Speed Viper получает указание о наличии новых результатов измерения. Программа-мастер помогает оператору корректировать процесс.

## НОВЫЙ SPEED VIPER: ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДЛЯ КРУПНЫХ СЕРИЙ

Старый добрый станок Viper славится своей гибкостью, быстрым оснащением и инновационным ПО. Рассчитан он на выпуск изделий малыми и средними сериями. А новый Speed Viper специально адаптирован к требованиям крупносерийного производства: высокая энергоэффективность, удобство в оснащении и максимум производительности. С конструктивной точки зрения Speed Viper выполняет все условия, необходимые для высокой работоспособности при минимальных рабочих циклах. Жесткая станина выполнена из полимерного бетона. Ее высокая термическая устойчивость и геометрическое постоянство — решающие факторы, позволяющие сразу же выпускать качественную продукцию, без программы разогрева. В этом отношении конструкторы Klingelnberg разработали новые идеи. «Мы предлагаем нацеленную в будущее платформу, которую можно совершенствовать в духе концепции «Индустрия 4.0»,— утверждает Ян Клингельнберг. Это возможно, во-первых, благодаря программному обеспечению, во-вторых, благодаря удобным интерфейсам. Корпоративная философия Klingelnberg подразумевает, что на станках должен быть универсальный интерфейс, совместимый с любыми системами автоматизации.



В зависимости от модели станок Speed Viper рассчитан на максимальный диаметр заготовки 80, 180 или 300 мм. Помимо зубчатых колес на нем можно шлифовать очень длинные валы. В зависимости от индивидуальных требований станок Speed Viper поставляется в четырех различных типовых вариантах: одношпиндельные Speed Viper 300 и 180 предназначены для выпуска не очень больших партий и обеспечивают более высокую гибкость. Для выпуска больших партий при минимальных затратах машинного времени есть двухшпиндельные варианты исполнения — Speed Viper2 180 и 80, особенно хорошо подходящие для автомобилестроения.

# SPRUTCAM РАСКРЫВАЕТ ПОТЕНЦИАЛ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

## ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ «SPRUTCAM РОБОТ»

В настоящее время робот является универсальным оборудованием. Если на него установить шпиндель — он будет фрезеровать, сварную головку — он будет варить, резак — он будет резать. У робота множество применений, но не все из них могут быть реализованы из-за сложностей в программировании.

### В чем сложность программирования промышленных роботов?

При подготовке управляющей программы нужно не только транслировать траекторию в машинные коды робота, но и учитывать ограничения вращения каждого сустава. Также следует избегать соударения робота с обрабатываемым изделием и другими элементами роботизированной ячейки. Чем сложнее задача по автоматизации, тем сложнее роботизированная ячейка. Она может состоять из специализированной оснастки, ограждений, позиционеров или даже содержать несколько промышленных роботов. Положения всех элементов ячейки должны быть учтены еще на этапе проектирования управляющей программы. Наконец, нельзя допустить, чтобы робот попал в зоны сингулярности, то есть нужно исключить такие взаимные положения суставов робота, при которых он перестает быть контролируемым.

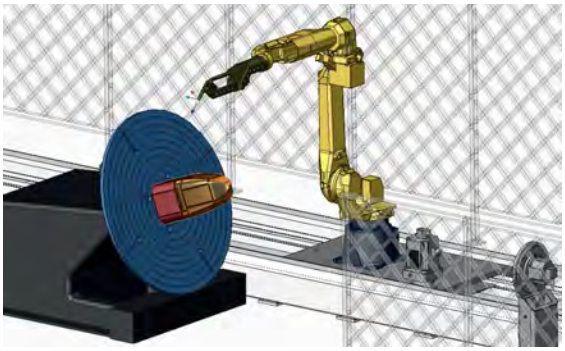


**Рис. 1. Пример роботизированной ячейки**

### Преимущества программирования в «SprutCAM Робот»

**1. Функционал.** В системе присутствуют такие операции, как:

- плоское и объемное фрезерование,
- обрезка кромок,
- гравировка,
- сварка,
- наплавка,
- резка (лазерная, плазменная, гидроабразивная).

**2. Учет ограничения по вращению суставов робота.** Можно задать минимальное и максимальное положение каждого сустава, исходя из особенностей «обвеса» робота. Траектория при этом будет рассчитываться только в допустимых пределах перемещения осей.

**3. Учет зон сингулярности.** Траектория в «SprutCAM Робот» полностью исключает зоны сингулярности каждого конкретного робота.

**4. Проверка на соударения и моделирование.** В системе проверка на соударения осуществляется еще на этапе расчета траектории. С помощью оптимизатора осей можно найти наиболее подходящую траекторию, исключающую все «неприятные» зоны робота. При этом доступно моделирование процесса обработки. Пользователь может

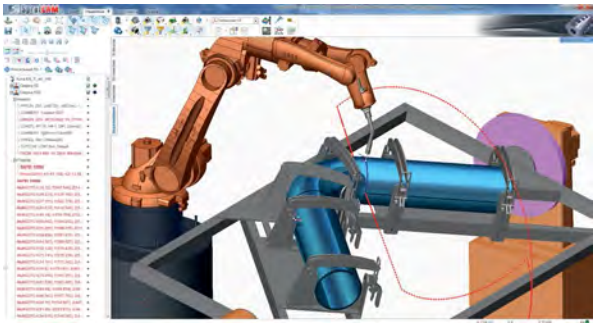


**Рис. 2. Моделирование сварки в «SprutCAM Робот»**

посмотреть, как именно перемещается робот и другие подвижные элементы роботизированной ячейки.

**5. Управление 6-й осью.** Шестая, «избыточная» ось робота может быть повернута на любой угол в процессе работы. В «SprutCAM Робот» есть специальный параметр по ее регулированию. Например, можно указать перемещение 6-й оси по траектории. Это значит, что исполнительный орган будет одинаково расположен по отношению к траектории все время движения робота. Ярким примером такого использования служит применение датчиков технического зрения при сварке. Датчик в таком случае «видит» отклонение реального шва от запрограммированной траектории.

**6. Библиотека роботов.** В «SprutCAM Робот» можно программировать любых шестиосевых промышленных роботов последовательной структуры. Библиотека 3D-моделей роботов с постпроцессорами для трансляции управляющих программ содержит всех наиболее популярных роботов в мире.

**Рис. 3. 3D-модели промышленных роботов в «SprutCAM Робот»**

**7. Дополнительные оси.** В «SprutCAM Робот» можно добавлять линейные блоки и поворотные позиционеры, тем самым воспроизводя на компьютере реальную роботизированную ячейку.

**8. Удобная коррекция траектории при подходах и отходах.** Пользователь может добавлять промежуточные точки в траектории робота на подходах и отходах каждой операции. При этом в системе доступен ряд «привязок» для удобства назначения таких точек.

Все эти возможности системы «SprutCAM Робот» позволяют раскрыть потенциал промышленного робота и сделать работу по его программированию удобной и эффективной.

**Александр Валерьевич Частухин**
**ООО «Центр СПРУТ-Т», г. Москва**
**(495) 181-00-13, www.csprut.ru**

BEMATO®

STRIVING FOR SERVICE AND SATISFACTION

SINCE 1976

www.e-bemato.com

**BMT 1740G**

Высокоскоростной токарный станок

**BMT 20BT**

Настольный сверлильный станок

**BMT 712A**

Ленточная пила

**BMT 3520**

Универсальный фрезерный станок

**BMT 430SEDM-ZNC**

Электроэрозионный станок

**BMT 1545M**

Плоскошлифовальный станок

2/3/4-зажимный держатель / цельный механизированный патрон

Система хранения

Наклонно-поворотный стол с ЧПУ

Пуансон (горизонтальный / вертикальный)

LED-светильник на аккумуляторе

Торцевая фреза

Регулируемый зажимной патрон с силовым приводом

Универсальный калибровщик

**BENIGN ENTERPRISE CO., LTD.**

SUITE 4, 5F., NO. 20, TA-LONG ROAD, TAICHUNG, TAIWAN

TEL: +886-4-23233016

FAX: +886-4-23232826 / +886-4-23238341

E-mail: service@e-bemato.com

# CAM: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Ставя своей целью создание инновационных и перспективных решений, которые отвечали бы требованиям не только сегодняшнего, но и завтрашнего дня, OPEN MIND остается ведущим разработчиком программ для CAD и CAM и постпроцессоров. Ниже приводится обзор нескольких технологий и решений, которые активно используются в аэрокосмической отрасли.

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ ЧЕРЕЗ АВТОМАТИЗАЦИЮ

*hyper*MILL® предлагает большой выбор функций и инструментов, применяя которые можно автоматизировать многие процессы, что позволяет существенно сократить рабочее время станков и расходы на программирование. Помимо средств автоматизации интерфейс *hyper*MILL® включает в себя такие технологии, как фитчеры и макросы. Фитчеры — это объекты, которым присвоена геометрия из CAD. Помимо геометрии они также содержат информацию, относящуюся к изготовлению, например, о поверхности, глубине или начальной точке. Фитчеру у которого определены все вышеуказанные параметры, можно назначить некоторые стратегии обработки. Если в ходе технологического процесса данные геометрии или технологические параметры должны быть изменены, это можно сделать только в самом фитчере. Изменения будут автоматически учтены при новом расчете.

Специальный вид фитчера — Customised Process Feature — позволяет определять стандартные производственные фитчеры на основе нескольких похожих геометрий. Созданные рабочие операции в этом случае охраняются как технологические макросы, которые можно в дальнейшем использовать для похожих задач обработки. Основная идея заключается в процессно-ориентированном связывании типовой геометрии и произвольной последовательности различных стратегий обработки.

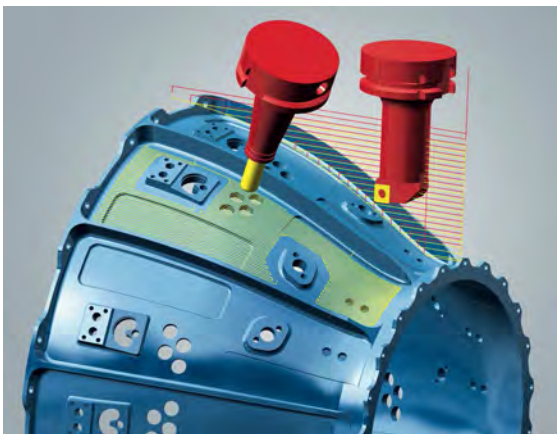
Технология макросов, реализованная в *hyper*MILL®, позволяет запрограммировать обработку фитчеров, назначая им стратегии обработки и инструменты. Макросы сохраняются в базе данных макросов; чтобы назначить макрос фитчеру, достаточно нажать кнопку мыши. В интеллектуальных макросах помимо перечисленного можно задать правила и условия для каждой операции обработки.

На основе этих правил и в зависимости от геометрических данных, таких как диаметр, глубина, открытые или закрытые карманы, программа автоматически назначает и корректирует операции обработки. Другими словами, макрос может включать в себя все операции, которые могут потребоваться для обработки, однако применяться будут только те, которые отвечают конкретным условиям (удовлетворяют правилам).

*hyper*MILL® предлагает также широкий набор функций (трансформация, зеркальное отображение и связывание заданий), которые расширяют возможности автоматизации и повышения эффективности программирования. Функция связывания заданий позволяет объединять разные этапы обработки, требующие использования одного и того же инструмента, в одну операцию. При этом выполняется оптимизация траекторий и проверка столкновений. Если изделие обладает симметрией, можно запрограммировать отдельную область и затем, используя функции трансформации и зеркального отображения, применить программу к другим частям или перенести операции обработки элемента с одинаковой левой и правой стороной на все оси, что также существенно упрощает проектирование симметричных элементов.

**Преимущества автоматизации**

- Повышение производительности за счет сокращения времени обработки и программирования
- Более безопасные технологические процессы (возможность стандартизации)
- Возможность разработки индивидуальных методов и рабочих операций

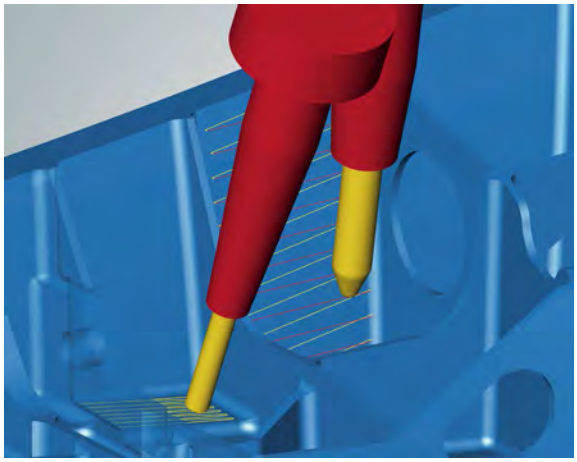


- Защита уникальных технологий предприятия
- Высвобождение трудовых ресурсов и ресурсов предприятия за счет упрощения программирования

## ПАКЕТ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ: *hyper*MILL® MAXX Machining

*hyper*MILL® MAXX Machining — это высокопроизводительное решение для повышения эффективности черновой и чистовой обработки и сверления. Его применение позволяет сократить время разработки на 90% даже в производствах, предъявляющих очень жесткие требования к качеству.

**Увеличение производительности черновой обработки.** Этот модуль для черновой обработки позволяет осуществлять высокоскоростное фрезерование (HPC) по спиральным и трохоидальным траекториям. Таким образом можно существенно увеличить объем срезаемого материала за единицу времени. Кроме того, снижается износ инструмента и самих станков. Значения подачи меняются в зависимости от характеристик детали в области резания, что позволяет исключить полное врезание и резкие изменения направления при обработке. Модуль черновой обработки оптимизирует траектории фрезерования и увеличивает количество снимаемого материала, то есть сокращает время изготовления. Поддерживаются операции для 2D-, 3D- и 5-осевой синхронной обработки.



**Высокоэффективная чистовая обработка, обеспечивающая оптимальное качество поверхности.** Модуль чистовой обработки включает в себя 5-осевые стратегии чистовой поуровневой обработки (с постоянной Z) и чистовой обработки поверхностей произвольной формы различными барабанными фрезами. Главное преимущество этого модуля — существенное сокращение времени изготовления благодаря применению CAM-стратегий, специально рассчитанных на нестандартную форму инструмента. Фрезерный инструмент барабанной формы делает разрез в виде окружности, так называемый круговой сегмент. Преимущество использования такого инструмента заключается в том, что при одинаковом расчетном значении шероховатости он благодаря большему радиусу обеспечивает более широкое расстояние между траекториями, чем сферические фрезы, позволяя таким образом качественно обрабатывать поверхности за меньшее время.

**Сокращение времени чистовой обработки до 90%.** Особо стоит отметить такие инновационные стратегии, как 5-осевая многоуровневая тангенциальная чистовая обработка и 5-осевая тангенциальная обработка коническими барабанными фрезами.

Из-за большого радиуса конических барабанных фрез расстояние между траекториями обработки можно увеличить от 6 до 8 мм, поэтому использование этих стратегий позволяет улучшить качество поверхности и увеличить срок службы инструмента. Таким образом, эти стратегии сокращают время обработки до 90% по сравнению со стратегиями, предназначенными для сферических фрез.

5-осевое сверление по спирали — это стратегия, позволяющая снимать материал из кармана круглой формы. Фреза быстро погружается в материал без предварительного растачивания. 5-осевые установки фрезы определяются по специальному алгоритму, который обеспечивает бережное использование инструмента и безопасный отвод стружки. Эта стратегия отлично подходит для материалов, плохо поддающихся обработке резанием.

**Пример применения в производстве структурных элементов**

- Материал: алюминий
- Стратегия: 5-осевая многоуровневая тангенциальная обработка
- Инструмент: коническая барабанная фреза с радиусом 1000 мм
- Применение: обработка стенок

**Технология**

| | |
|---|---|
| Скорость резания (vc) | 230 мм/мин |
| Частота вращения (s) | 1 400 об/мин |
| Подача (f) | 3 800 мм/мин |
| Подача на зуб (fz) | 0,12 мм |
| Кол-во реж. кромок инстр. (z) | 3 |
| Глубина врезаний (ap) | 7 мм |

**Преимущества hyperMILL® MAXX Machining**

- Модуль черновой обработки
  - — Сокращение времени обработки
  - — Увеличение срока службы оборудования
  - — Снижение износа инструмента и станка
  - — Для 2,5D-, 3D- и 5-осевой синхронной обработки
  - — Не требуется настройка постпроцессора
- Модуль чистовой обработки
  - — Экономия времени до 90%
  - — Идеальные поверхности
  - — Увеличение срока службы оборудования
  - — 100-процентная безопасность процессов
  - — Простота программирования
  - — Возможность использования барабанных фрез во многих 5-осевых циклах
  - — Не требуется настройка постпроцессора
- Сверление
  - — Не требуется предварительное растачивание
  - — Безопасное удаление стружки
  - — Меньший износ инструмента
  - — Отлично подходит для обработки материалов, плохо поддающихся резанию

**Контактные данные:**
**Тел.: +7 499 918 3218, тел.: +49 5258 210980**
**info.russia@openmind-tech.com**
**http://www.openmind-tech.com/ru**

# Промышленные волоконные лазеры

Волоконные лазеры являются уникальным инструментом, открывающим новую эру в обработке материалов. КПД до 50% позволяет сократить расходы на электроэнергию и использовать систему охлаждения меньшей производительности. Один лазер может использоваться для решения различных задач.

Промышленные волоконные лазеры IPG получили широкое применение в таких отраслях промышленности, как автомобилестроение и вагоностроение, металлургия и энергетика, судостроение и авиастроение, нефтегазовая и аэрокосмическая отрасли.

## ПРЕИМУЩЕСТВА

- КПД от розетки до 50%
- Волоконный выход с высоким качеством пучка (BPP ≥ 0,35 мм*мрад)
- Высокая мощность лазерного излучения (до 100 кВт и выше)
- Высокая надежность, огромный ресурс работы
- Компактность, монолитный дизайн
- Отсутствие регламентных работ и простота эксплуатации
- Режим быстрого управления мощностью излучения лазера по цифровому или аналоговому каналу управления
- 3 года гарантии с возможностью расширения до 8 лет

IPG является технологическим законодателем развития лазерной индустрии и единственным в мире производителем промышленных волоконных лазеров мультикиловаттного диапазона – до 100 кВт и выше.

Важнейшие характеристики волоконных лазеров НТО «ИРЭ-Полюс» – уникально высокие эффективность и ресурс, минимальный инженерный сервис, а также расходимость пучка, близкая к физическому пределу. Размещенные в герметичных корпусах повышенной прочности, эти системы предназначены для работы в сложных производственных условиях и не нуждаются в периодическом обслуживании.

## ПРИМЕНЕНИЕ

Резка, сверление

Сварка металлов и полимеров

Маркировка и гравировка

Медицина

Наука

Персонализация

Пайка

Плакирование

Аддитивное производство

Удаление покрытий

Термическая обработка

Голография и интерферометрия

ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ НАШ СТЕНД НА ВЫСТАВКЕ "МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2018"
В ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР" 14–18 МАЯ, ПАВИЛЬОН 2/2, ЗАЛ 1, СТЕНД № 21В50

IPG IRE-POLUS

# Лазерные системы

## LaserCube. Прецизионная лазерная резка

Рабочая зона: 1250 x 1250 мм

Мощность лазера: до 6 кВт

Повторяемость: +/-5 мкм

- Гранитное основание станины
- Линейные двигатели
- Эффективность волоконного лазера
- Высокая точность
- Система машинного зрения
- Небольшая занимаемая площадь

## TPS. Система сварки для производства труб и профилей

Для интеграции в трубопрокатный стан. Производство труб диаметром до 250мм и толщиной стенки от 0,7 до 5мм. Производство профилей – стеллажных, оконных и т.п. Эффективная замена системам на базе $CO_2$-лазеров.

- Простая и надежная конструкция
- Доставка излучения по волокну
- Стоимость владения в 4–5 раз ниже, чем у систем с $CO_2$-лазером
- Современная система управления с многоуровневым допуском
- Точная система наведения на стык
- Непрерывная работа в режиме 24/7

## LSS. Инновационная система лазерной сварки

Эффективная замена точечной контактной сварки в автомобильной промышленности, вагоностроении, производстве бытовой техники, изготовлении корпусных изделий.

- Кратно большая производительность сварки
- Высокое качество сварного соединения
- Более высокая прочность и жесткость соединений
- Эстетичный вид шва
- Высочайшая надежность, работа в режиме 24/7 в условиях автопрома
- Более 2.5 млн авто произведено с использованием системы LSS

# РЫНОК ЛАЗЕРОВ И ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

МИРОВОЙ ОБЪЕМ ПРОДАЖ ЛАЗЕРОВ В 2017 ГОДУ ДОСТИГ 12,43 МЛРД ДОЛЛ., А РОСТ ПРОДАЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЛАЗЕРОВ БЫЛ РЕКОРДНЫМ — 26%, ДО 4,314 МЛРД ДОЛЛ./ГОД [1,2]. ПРОДОЛЖАЛСЯ УСТОЙЧИВЫЙ РОСТ ДОХОДОВ ЛАЗЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СЕКТОРАХ: АВТОМОБИЛЬНОМ, АЭРОКОСМИЧЕСКОМ, ЭНЕРГЕТИКЕ, ЭЛЕКТРОНИКЕ И СВЯЗИ.

## СОСТОЯНИЕ РЫНКА

Мировой объем продаж лазеров за последнее десятилетие более чем удвоился и по прогнозу Strategies Unlimited в 2018 году должен достигнуть 13,06 млрд долл. [1], **рис. 1**. Лидером в производстве лазерных источников излучения в 2017 г. стал Китай с применением их для изготовления бытовой электроники. Наиболее востребованы были волоконные лазеры, детекторы света и лазеры для дальномеров (лидаров), а также излучающие с поверхности диодные лазеры с вертикальными резонаторами (VCSELs) [1].

Эти выводы подтверждаются рекордными доходами изготовителей оборудования для лазерной обработки материалов, в т.ч. в полупроводниковой промышленности, и, соответственно, многих поставщиков лазеров и устройств фотоники для такого оборудования. Использование лазерного луча играет ключевую роль в ускорении изготовления полупроводниковых пластин для чипов и приборов бытовой электроники, и их растущее производство требует все больше лазеров [1].

2017-й был уникальным годом для мировой лазерной промышленности. Общий объем продаж лазерных источников излучения вырос на 18,1% по сравнению с 2016-м, причем главным обзором за счет сектора лазерной обработки материалов, в котором продажи подскочили за год сразу на 26% (волоконные лазеры дали еще больший прирост — их продажи для технологических установок выросли за этот же год на 34%!). В 2018 году продажи лазеров должны вернуться к более умеренному росту — **рис. 1** [1].

Ведущими производителями в 2017 году были, как и в предыдущие годы, фирмы Trumpf (ФРГ, Дитцинген) и IPG (США, Оксфорд), а также, например, Han`s Laser (КНР, Шеньжень), Coherent (США, Санта-Клара).

— **Coherent.** В 4-м квартале 2017 г. компания имела объем продаж 490,3 млн долл. и чистый доход 73,8 млн долл., что более чем ***в 2 раза превышает аналогичные цифры для 2016 года*** — 248,5 и 30,8 млн долл. соответственно. Продажи за весь 2017 год составили 1,7 млрд долл., чистый доход — 209 млн долл. Исполнительный директор Coherent Дж. Амброзео отнес эти впечатляющие результаты в основном на счет роста заказов из микроэлектроники, особенно в части производства органических светоизлучающих диодов, отметив при этом и рост спроса на лазеры в секторах медицинских диагностических и терапевтических аппаратов, аэрокосмической и оборонной техники [1].

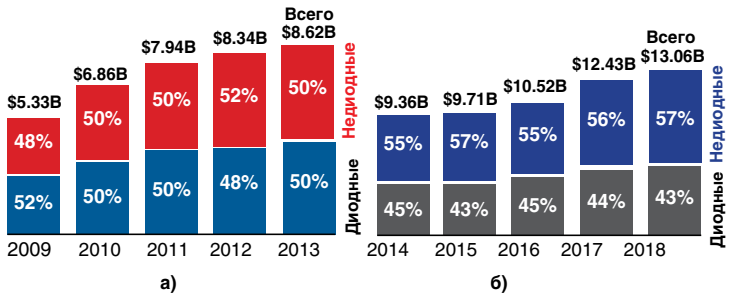



**Рис. 1. Динамика мирового рынка лазеров в 2009–2013 гг. [3], 2014–2018 гг. [1] (млрд долл. / биллионы США)** *Источник: Strategies Unlimited*

— **Han`s Laser.** Продажи за первую половину 2017 года составили 452 млн долл., что обеспечило рост на 22,7% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, к концу 2017 г. продажи должны были достичь уровня в 1 млрд долл. Этот рост был обусловлен приобретением канадской компании — производителя оптического волокна и существенным усилением своих возможностей в части волоконных лазеров. Согласно докладу, опубликованному в марте 2017 года китайскими исследователями лазерного рынка, в 2016 г. доля Китая в секторе промышленных лазеров превысила 17% при полном объеме продаж в секторе 3,16 млрд долл., а в течение последующих пяти лет должна превысить 20% [1].

— **IPG Photonics.** В 3-м квартале 2017 г. продажи этой компании — главного мирового поставщика волоконных лазеров — выросли на 48% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, полный объем продаж за 9 месяцев превысил 1 млрд долл. Наибольший вклад обеспечило производство волоконных лазеров для обработки материалов — резки, сварки, аддитивной 3D-печати. По оценкам руководства компании, годовой рост продаж в 2017 году должен был составить 37–39%, это наибольшая величина за последние 6 лет. Соответственно ***стоимость акций IPG за период с января по ноябрь выросла более чем вдвое*** — с 92 до 200 долл. за шт. [1].

— **Группа Trumpf** продемонстрировала весьма значительный рост своих финансовых показателей в 2016–2017 годах. Прибыль до налогообложения выросла за год на 11,3% (до 398 млн долл/год), объем продаж — на 10,8% (до рекордного уровня в 3,6 млрд долл/год). Руководство компании объясняет этот рост сильной глобальной экономикой, отмечая, что политические события в мире пока мало влияют на бизнес в Европе, Азии и Америках [1].

Большая часть роста лазерного рынка в 2017 г. объясняется увеличением использования лазеров и оптики в бытовой технике и ростом производства такой техники. Например, **изготовление любого смартфона включает в себя множество технологических процессов**, реализуемых с помощью лазерного луча: резка стекла, гравировка деталей, сверление в печатных платах и др. Использование в смартфонах OLED-дисплеев позволяет компании Coherent — главному поставщику **эксимерных лазеров**, необходимых для изготовления таких дисплеев, ожидать продолжения беспрецедентного спроса на эти лазеры. Кроме того, многие смартфоны содержат VCSEL-диоды для обеспечения возможности объемного зондирования и определения расстояний, что является новой рыночной нишей для них к уже известным: системам передачи данных, мышкам для компьютеров, лидарным системам для автомобилей. Сле-

дующим шагом будет распространение смартфонов с системой распознавания лиц, которая также использует VCSEL-излучатель.

**Одним из новых лидеров в части спроса на лазерные источники излучения становится сейчас лидар.** Это устройство давно используется в дальнометрии, аэрофотосъемке, для 3D-сканирования объектов и пространств, мониторинга движения аэрозолей, но сейчас возникло новое применение — в беспилотных автомобилях. Ожидается, что беспилотные транспортные средства превратят многомиллиардный рынок лидаров в многотриллионный [1].

На недавней выставке ICALEO глава NUBURU Жан-Мишель Пелапрат был заинтригован внезапным интересом промышленности к ***синему лазеру*** (440 Нм), где тот был под пристальным вниманием приверженцев передовых лазерных приложений — по его применению ***для сварки*** (в т.ч. меди). Для синих лазеров ожидается большое будущее в обработке материалов [4, 5].

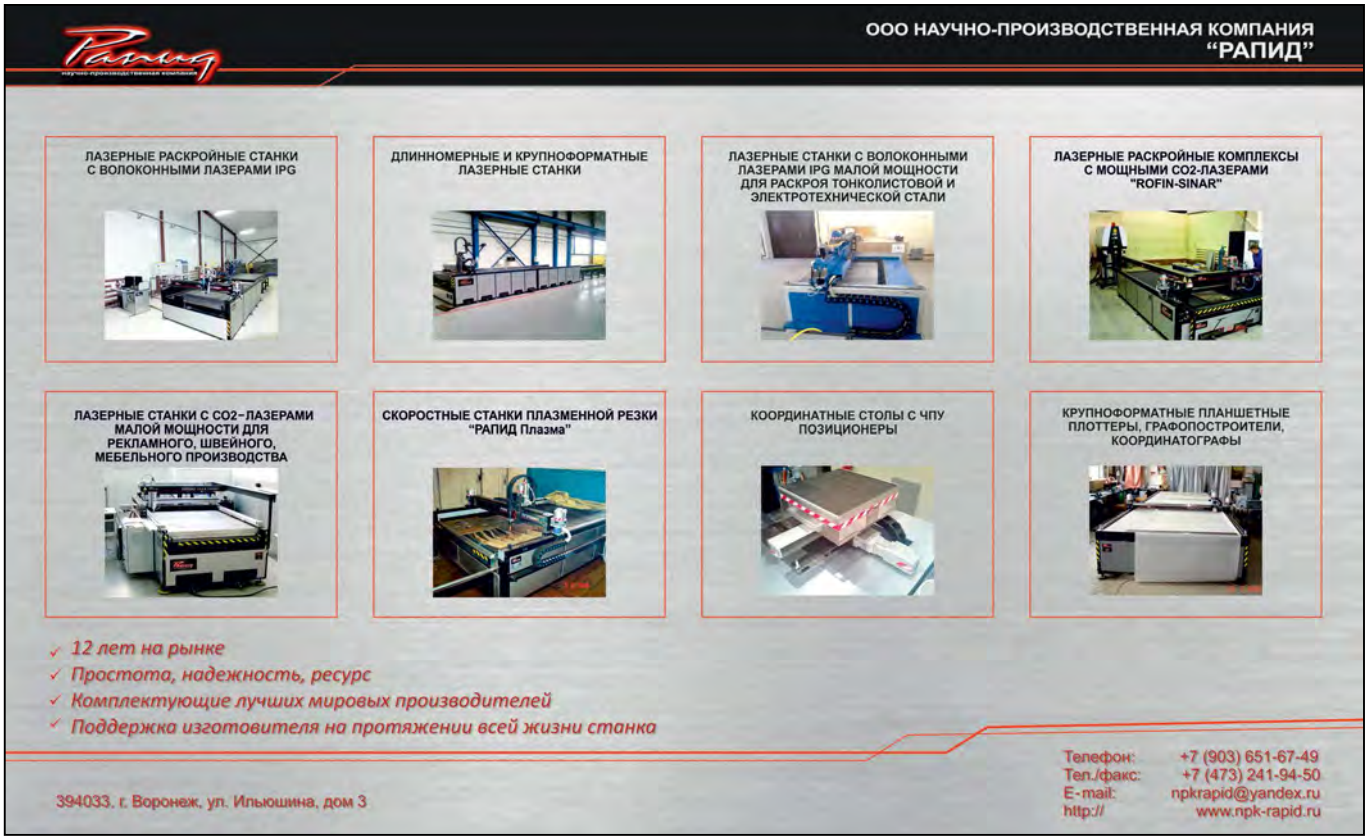
Тайваньская компания TSMC, производитель полупроводников, начала строительство своей первой фабрики, предназначенной для изготовления микрочипов по технологическому процессу 5 нм. Первая партия запланирована к выпуску на 2020 год, а в 2022 должны появиться чипы 3 нм. 5-нанометровый техпроцесс, впервые продемонстрированный в июне прошлого года IBM и Samsung, умещает 30 млрд транзисторов — в 2 –3 раза больше, чем процессоры 10 нм, — на микрочипе размером с ноготь. Для их изготовления используется технология фотолитографии в глубоком ультрафиолете, ***требующая дорогих сверхтонких лазеров***, которые появились в продаже лишь недавно. Транзисторы меньшего размера позволят производителям выбирать между высокой скоростью или долгой работой аккумулятора. Чип на 5 нм может быть в 4 раза энергоэффективнее, чем 10-нанометровый при той же производительности, или в 4 раза быстрее при том же ресурсе батареи. Новая фабрика TSMC за три года выполнит вывод оборудования на рабочий режим, чтобы производить по 500 млн чипов в год, как раз тогда, когда спрос на смартфоны с протоколом 5G достигнет пика. Компания вложила свыше 17 млрд долл. в эту фабрику и 24 млрд долл. — в 5-нанометровую технологию в целом, сообщает VentureBeat [6].

Авторы в обзоре [7] рассматривают перспективные высокие технологии в области биофотоники, квантовых технологий, лазерного хромирования и вышеперечисленные: лидары для автономных автомобилей, титан-сапфировые лазеры с накачкой лазерными диодами синего цвета и другие.

В 2017 г. уже были сделаны инвестиции в разработку атомных часов на чипе для GPS-коммуникаций, квантовой связи, квантовых сенсоров. Расходы на AR/VR-аппаратуру, как предполагается, должны вырасти с 11,4 млрд долл. в 2017 г. до более чем 200 млрд долл. в 2021 г., что повлечет за собой рост спроса на фотонные кристаллы, дифракционную оптику, оптоэлектронику. Соответственно потребуется больше оборудования для обработки материалов, используемых для их изготовления. Кроме того, потребуется еще больше лазеров — они используются в шлемах-гарнитурах для отслеживания движения глаз и проектирования изображений [1].

В «глобальную высшую лигу» фотоники пытается войти Индия [5, 8] и, возможно, Бразилия [9]. Ожидается, что 2018 год продолжит тенденции 2017 года, но будет более спокойным, с меньшими темпами роста продаж лазеров, примерно на 0,6 млрд долл/год (**рис. 1**).

Перспективы для российских лазерщиков не радужные в том плане, что малая тиражность продукции/узкий рынок по сравнению с производителями из США, Китая и Европы ужесточают условия их работы и снижают конкурентоспособность (не говоря о высоких кредитных ставках и низкой активности потребителей российского



рынка). Отраслевая наука почти уничтожена, а академическая и вузовская с трудом выживают. Вся надежда на ВПК, но и там, как известно, планируется в ближайшие годы существенное сокращение финансирования.

Грубовато моделируя, можно констатировать, что сегодня на одного российского лазерщика приходится около 10 в Западной Европе, США и Японии, а в Китае — около 100. Причем китайские производители уже теснят российских разработчиков и производителей, предлагая оборудование на 20–30% дешевле, перейдя от копирования российских и западных образцов лазерной техники к мощному серийному выпуску новых собственных разработок.

## РОССИЙСКИЙ ЭКСПОРТ ЛАЗЕРОВ

В последние годы Россия планомерно увеличивает экспорт лазеров, согласно данным ФТС России и ITC Trade Map.: если в 2013 году поставки равнялись 55 млн долл., то в 2016 году достигли 129 млн долл., за 10 месяцев 2017 года экспорт составил 105 млн долл. Одновременно экспорт частей и комплектующих лазеров (включая небольшие объемы другой спецоптики) вырос с 26 млн долл. в 2013 году до 105 млн долл.в 2016 году и 123 млн долл. за 10 месяцев 2017 года. В мировом рейтинге экспортеров лазеров Россия вышла на 6-е место, уступая только Германии (1,44 млрд долл. в 2016 году), США (1,17 млрд долл.), Китаю (0,47 млрд долл.), Великобритании (0,35 млрд долл.) и Японии (0,23 млрд долл.). Номинально сопоставимые с Россией или даже большие объемы имеют Гонконг и Сингапур, однако у них идет увеличение за счет реэкспорта [10]. Основными направлениями экспорта лазеров и их комплектующих из России являются Германия и Китай, в меньшей степени США, Индия, Республика Корея, Белоруссия и другие страны. Экспорт в Германию за 10 месяцев 2017 года составил 107 млн долл. против 79 млн долл. за весь 2016 год. В импорте Германии Россия занимает примерно 15%, уступая только США. Экспорт в Китай за 10 месяцев 2017 года составил 89 млн долл., что соответствует уровню прошлого года. В импорте Китая Россия занимает 5-е место после Германии, США, Таиланда и Японии с долей примерно 7% [10].

Главным российским экспортером лазеров выступает НТО «ИРЭ-Полюс» (г. Фрязино, Московская область), входящее в международную группу IPG Photonics. Как сообщает сама компания, она является основателем и одной из базовых компаний научно-технической группы IPG Photonics Corporation с производствами и научными центрами в России, Германии, США, Италии, а также 14 представительствами в разных странах мира. Каждый четвертый лазер в мире выпускается группой IPG Photonics Corporation [10].

## СЕГМЕНТЫ РЫНКА

В 2017 году продажи лазеров для обработки материалов превышали продажи лазеров для связи и оптической памяти и составляли 5,166 и 4,236 млрд долл, соответственно. Сектор исследований и военных применений в 2017 году составлял 922 млн долл., а сектор медицинских и эстетических применений — чуть меньше, 920 млн долл. Сектор приборов и сенсоров достигал 802 млн долл., а развлечений, дисплеев и печати — 385 млн долл., **рис. 2** [1]. Несмотря на то, что весь 2017-й год сыпались новости о политических, социальных и культурных событиях, в экономическом плане год был очень спокойный. Рост экономики во всех ведущих странах оказался даже выше, чем предполагалось, и 2018-й год должен продолжить эту тенденцию [1].

## ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

В этом сегменте рынка второй год подряд наблюдается активный рост — за счет продаж **волоконных лазеров**, а также **эксимерных**. На 18% выросли в этом сегменте за год продажи **твердотельных лазеров (дисковых)**, на 34% — волоконных, но на 14% упали продажи промышленных $CO_2$-лазеров (**рис. 3**) [1].

Рост спроса на промышленные лазеры в 2017-м наблюдался в автомобильной и аэрокосмической промышленности, в энергетике, связи и электронике [1].

Промышленные лазеры используются (**рис. 3** и **4**) во всех видах обработки металла (сварка, резка, отжиг, сверление), полупроводников и производства микроэлектроники (литография, скрайбирование, залечивание дефектов, прошивка отверстий в печатных платах), маркировки различных материалов и других технологических процессов (таких как резка и сварка органических материалов, быстрое прототипирование и 3D-печать, микрообработка, изготовление дифракционных решеток), а также лазеры для литографии [1].

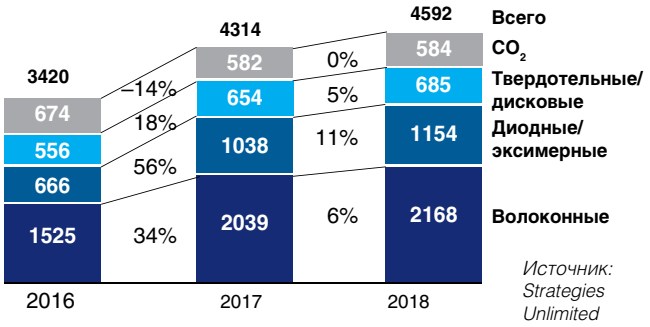



**Рис. 3. Рынок промышленных лазеров в 2016–2017 гг. и прогноз на 2018 г., млн долл. [1,2]**

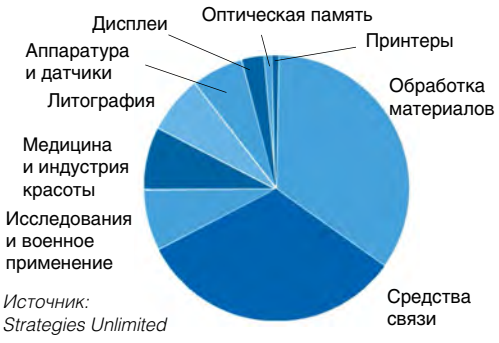
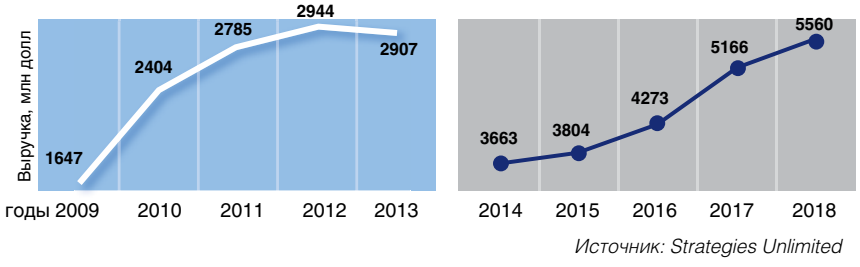



**Рис. 2. Структура мирового рынка лазерных источников в 2017 году [1]**




а) б)

**Рис. 4. Рынок промышленных лазеров для обработки материалов и литографии в 2009–2013 гг. [3] — а; в 2014–2017 гг. и прогноз на 2018 г. [1] — б, млн долл.**

Никакие негативные политические новости не помешали росту продаж промышленных лазеров, который в период с лета 2016 г. до 3-го квартала 2017 г. оказался просто феноменальным (**рис. 4**). Если рассматривать этот сегмент лазерного рынка в географическом плане, то нужно сказать, что лидером был Китай, как всегда, но и Европа, и другие страны Азии не теряли своих позиций. Северная Америка не была такой же сильной, но оставалась на достойном уровне. Япония оказалась единственной страной (из проанализированных), где продажи лазеров сократились. Главным драйвером общего роста продаж промышленных лазеров оказались мощные волоконные лазеры. Высоким был спрос на лазеры для обработки панелей плоских дисплеев. В части лазеров для аддитивных технологий год начался вяло, но в конце года появились очень большие заказы, которые вполне компенсировали слабое начало [1].

Продажи промышленных лазеров для обработки материалов с 2009 по 2017 год увеличились в 3,14 раза [1, 3] — **рис. 4**. На 2018-й год прогнозируется повторение динамики 2017-го. Общий рост продаж в секторе лазеров для промышленности должен составить 7%, причем спрос на эксимерные и мощные волоконные лазеры уже не будет расти такими же высокими темпами, как в предыдущие два года: будет иметь место насыщение. Объем продаж в сегменте лазеров для маркировки будет расти медленнее — на 6% в год — прежде всего, из-за снижения цен на эти лазеры. В сегменте микрообработки продажи вырастут на 9% — благодаря спросу на обработку неметаллических и тонколистовых материалов. Сегмент макрообработки сохранит 53% общего объема продаж. Заметным будет рост — на 11% — продаж мощных диодных лазеров для непосредственной обработки материалов [1,2].

Распределение продаж по технологиям (**рис. 5**) оказалось следующим: маркировка — 15% от всех продаж лазеров для промышленной обработки (больше всего — волоконные лазеры), микрообработка, к которой отнесли в настоящем обзоре все промышленные лазеры мощностью менее 500 Вт, заняла 32% продаж (за счет эксимерных лазеров для изготовления дисплеев), макрообработка — остальные 53%, причем внутри этого сектора 60% составили продажи лазеров для резки, они за год выросли на 29%. По мнению промышленников, такие темпы роста здесь в 2018 г. не сохранятся. В секторе микрообработки спрос на лазеры для реализации аддитивных технологий — наплав-

**Рис. 5. Распределение продаж промышленных лазеров в 2017 г. по видам их использования [1]**




# ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА

## КОРПУСА, ПАНЕЛИ, РЕКЛАМНАЯ ПРОДУКЦИЯ – ГОТОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

- Изготовление «под ключ» приборных панелей, а также корпусов приборов и пространственных коробов любой сложности с аргоно-дуговой сваркой, лазерной маркировкой, покраской или гальваническим покрытием. Изделия могут комплектоваться резьбовыми втулками, шпильками, стойками, ручками и приборными ножками.
- Возможен заказ сувенирной продукции: от эксклюзивных изделий до бизнес-сувениров.
- Токарно-фрезерные работы по чертежам заказчика с термообработкой и гальваникой.

## ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА, НАПЛАВКА

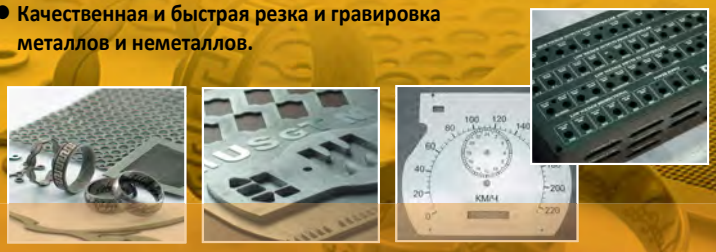
- Сварка изделий из любых металлов и сплавов – круговые, линейные и сложнопрофильные швы. Сварка корпусов датчиков, разъемов, тепловых труб, сильфонов, деталей гидро- и вакуумных систем, а также изделий из пористых и сетчатых материалов. Лазерная пайка и наплавка. Толщина свариваемых материалов 0,1–2,5 мм.

## ЛАЗЕРНАЯ МИКРООБРАБОТКА

- Изготовление цилиндрических и конусных сквозных и несквозных отверстий любой формы глубиной до нескольких миллиметров, диаметром от нескольких мкм.
- Производство форсунок, сопел, микромаркировка деталей.
- Прошивка отверстий и скрайбирование керамических подложек для микроэлектроники.

## ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА, ГРАВИРОВКА

- Качественная и быстрая резка и гравировка металлов и неметаллов.



## ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА

- Электроэрозионная резка проволокой.
- Копировально-прошивная электроэрозионная обработка.
- Детали с формами любой сложности и с точностью до 0.01 мм.

**ЛАЗЕРЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**Производственно-внедренческий центр «Лазеры и Технологии»**
**E-mail:** info@pvlt.ru **Web:** http://pvlt.ru
**Тел/факс:** (495)369-02-86, (499) 710-00-53, (499) 732-96-12

ки металла и прототипирования — вырос за 2017-й год на 30% благодаря спросу в авиационном двигателестроении. Здесь используются $CO_2$ и волоконные лазеры [1].

В **таблице 1** приведены данные за 2016–2017 гг. и прогноз на 2018 год по разным секторам обработки материалов. Максимальный рост объема продаж в этот период наблюдался в макрообработке.

**Таблица 1. Обзор применения лазерных технологий обработки материалов (млн долл.) [2]. Source: Strategies Unlimited**

| Вид обработки | 2016 | 2017 | % | 2018* | %* |
|---|---|---|---|---|---|
| Маркировка | 601 | 645 | 7 | 686 | 6 |
| Микрообработка | 1105 | 1365 | 24 | 1492 | 9 |
| Макрообработка | 1714 | 2304 | 34 | 2415 | 5 |
| Общая сумма | 3420 | 4314 | 26 | 4592 | 7 |
| * прогноз | | | | | |

## МАКРООБРАБОТКА

На **рис. 6** показаны объемы продаж различных типов лазеров в 2016–2017 годах с прогнозом на 2018 год для макрообработки. В макрообработке лидируют волоконные лазеры, превосходя продажи диодных/эксимерных лазеров более чем в три раза.

**Рис. 6. Распределение продаж промышленных лазеров по их типам для макрообработки в 2016–2017 гг., с прогнозом на 2018 год, млн долл. [2]**

Объемы продаж лазеров для лазерной резки превосходят лазерную сварку и пайку более чем в 2 раза — **рис. 7**.

**Рис. 7. Распределение продаж промышленных лазеров для различных видов макрообработки в 2016–2017 гг., с прогнозом на 2018 год, млн долл. [2]**

## МИКРООБРАБОТКА

На **рис. 8** показаны объемы продаж различных типов лазеров в 2016–2017 годах, с прогнозом на 2018 год, для микрообработки. В микрообработке в 2017 году лидерами становятся эксимерные и диодные лазеры, обогнав продажи волоконных лазеров [2].

В микрообработке, как и указывалось выше, доминирует применение лазеров в электронике, в полупроводниковой промышленности, для производства дисплеев, смартфонов и др. бытовой техники, а также солнечных батарей — **рис. 9**.

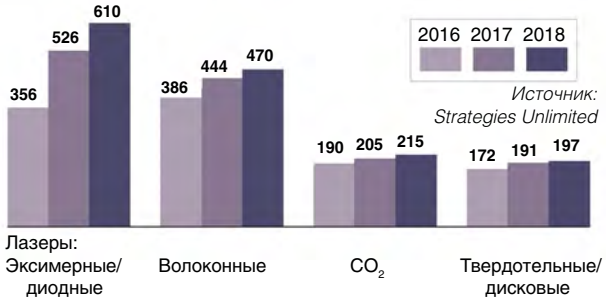



**Рис. 8. Распределение продаж промышленных лазеров по их типам для микрообработки в 2016–2017 гг., с прогнозом на 2018 год, млн долл. [2]**

**Рис. 9. Распределение продаж промышленных лазеров для различных видов микрообработки в 2016–2017 гг., с прогнозом на 2018 год, млн долл. [2]**

## МАРКИРОВКА/ГРАВИРОВКА

Для лазерной маркировки и гравировки используются десятки тысяч промышленных лазеров малой мощности, обеспечивая на протяжении десятилетий устойчивый ежегодный рост рынка (**рис. 10**). В последние годы рост продаж был связан с новыми приложениями: маркировки уникального идентификатора (UID), штрих-кодов, обеспечения идентификации продукции и безопасности (ID-карт), различных документов и ценных бумаг, бесчисленным множеством других кодирований и применений. Лазерная маркировка имеет новые и крупные рынки как для всех типов лазеров, так и для недавно появившихся УФ-лазеров, которым доступна маркировка материалов, которые раньше не могли обрабатываться обычными лазерами [2].

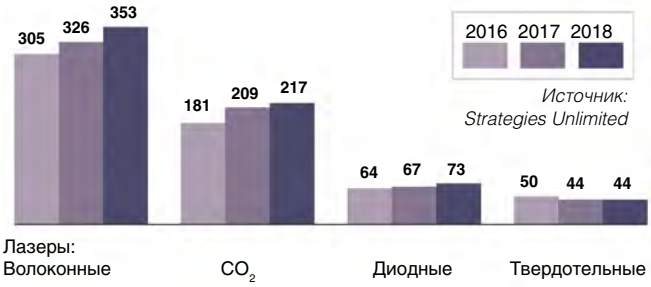



**Рис. 10. Распределение продаж промышленных лазеров по их типам для маркировки/гравировки в 2016–2017 гг. с прогнозом на 2018 г., млн долл. [2]**

## АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В последние годы стремительно растет рынок аддитивных технологий (АТ), до 15% и более в год, и уже сегодня его объем превышает 5 млрд долл., а после 2025 года

**Рис. 11. Прогноз структуры рынка аддитивных технологий 2025 года по регионам мира. Сегмент «прочие» включает Индию, страны Латинской Америки, Россию, Австралию, Швецию, Италию, Бельгию, Испанию и Нидерланды [11]**

**Рис. 12. Прогноз отраслевой структуры рынка аддитивных технологий 2025 года. Сегмент «прочие» включает энергетику и строительство, пищевую промышленность [11]**

будет составлять более 21 млрд долл. Страны — технологические лидеры, такие как США, Германия, Великобритания, Япония и другие, суммарно контролируют более 50% мирового рынка аддитивного производства и останутся локомотивами его развития в долгосрочной перспективе (**рис. 11**). На долю России пока приходится до 1% рынка, при этом страна отстает от лидеров по всем основным направлениям — начиная от производства материалов и оборудования и заканчивая внедрением готовой продукции.

Согласно ежегодному анализу рынка швейцарской компании Optech Consulting: совокупный среднегодовой темп роста АТ: 25%, Boston Consulting Group прогнозирует рост на 30% [12].

Страны Северной Америки были и остаются крупнейшим потребителем аддитивных технологий в мире (**рис. 11**). В 2015 году объем североамериканского рынка оценивался 2,35 млрд долл. с перспективой роста до 7,65 млрд долл. к 2025 году. Второй по величине — это рынок стран Европы и Ближнего Востока. В 2015 году его суммарный объем составлял 1,81 млрд долл., а к 2025 году он может увеличиться до 7,18 млрд долл.

Одним из самых быстро растущих является рынок Азиатско-Тихоокеанского региона. В период 2015–2025 гг. ежегодные темпы роста составят 18,6%, а объем увеличится более чем в пять раз — с 1,01 млрд долл. в 2015 до 5,56 млрд долл. в 2025 году. При этом на долю Китая будет приходиться порядка 70% [11].

К 2025 году до 51% рынка будет приходиться на авиационную промышленность, сферу здравоохранения и автомобилестроение. Отрасли, в которых в 2025 году будет наиболее заметно использование технологий аддитивного производства, показаны на **рис. 12** [11].

**Прогноз развития АТ [11]:**

• Применение гранул и порошковых материалов в 3D-печати позволит отказаться от использования треугольных и цилиндрических форм при изготовлении изделий.

• Применение углеродистого (графитового) волокна и металлопорошков позволит улучшить механические, химические и термические характеристики изделий (в частности для нефтегазовой и оборонной отраслей).

ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНЫ И КАЧЕСТВА

**Компания HGTECH** (Китай) предлагает российским предприятиям широкую линейку лазерного технологического оборудования на базе $CO_2$ , волоконных, диодных и YAG-лазеров для лазерной резки, сварки, термообработки, наплавки, очистки, в т.ч. прецизионной обработки.
Гарантийное и постгарантийное обслуживание, ремонт, поставка запасных частей и обучение осуществляется сертифицированным российским дистрибьютором.

HGTECH

**Китай: ХУСТ отрасль округа Ист-Лейк высокотехнологичные зоны развития, Ухань, Хубэй, КНР ПК:430223**
**Тел.: +86 27 8718 0187**
**Факс : +86 27 8718 0141**
**Электронная почта: marketing@hgtech.com.cn**
**Россия: Санкт-Петербург, дистрибьютор HGTECH, тел.: +7 911 711 11 16**

• Производители систем компьютерного проектирования и моделирования (CAD, CAE) ведут разработки решений для 3D-печати, которые позволят снизить погрешность при изготовлении изделий и повысить точность производства.

• Усовершенствование характеристик и развитие АТ позволит повысить точность, скорость и качество 3D-печати. К 2020 году скорость работы 3D-принтеров увеличится вдвое.

• Одним из ключевых направлений развития сервисных услуг на рынке 3D-печати станет лизинг 3D-принтеров.

• Развитие получит производство 3D-принтеров, позволяющих создавать крупногабаритные изделия с высокой точностью.

• Материал графен, известный своими уникальными физическими и электрическими свойствами, будет применяться для производства металлических жил (волокон) и элементов питания.

По состоянию на 2015 год на долю четырех крупнейших компаний приходилось 71,8% рынка аддитивных технологий в авиационной промышленности [11]: EOS — 30%, Concept Laser — 20%, SLM-Solutions — 15%, Arcam — 7% [12].

Однако число производителей оборудования для аддитивного производства увеличивается с каждым годом. На сегодняшний день лидерами мирового рынка являются следующие компании [11]: 3D Systems (США); EOS GmbH (Германия); SLM Solutions (Германия); Stratasys (США); Objet Geometries (США – Израиль); EnvisionTEC (США – Германия (DLP); ExOne (США); Voxeljet (Германия); Arcam AB (Швеция).

## АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В случае авиационной и аэрокосмической отраслей речь прежде всего идет о производстве комплектующих из металла, а также упрощении процессов их тестирования. Благодаря высокой производительности печатной 3D-технологии появилась возможность упростить и ускорить процесс производства деталей из таких металлов, как алюминий, медь, железо и магний. В 2015 году объем рынка технологий аддитивного производства в авиационной промышленности составлял 723,2 млн долл. Согласно прогнозам, к 2021 году он увеличится до 2,23 млрд долл. [11].

Основные технологии аддитивного производства, применяемые в авиационной и аэрокосмической промышленности [11]:

• метод послойного плазменного осаждения металлического волокна с использованием плазменной установки с дуговым подогревателем (применяется компаниями Norsk Titanium и университетом Кренфилда);

• метод послойного электронно-лучевого наплавления (применяется компанией Sciaky) и метод послойного лазерного наплавления металлического волокна (применяется Optomec, DM3D, RPM Innovations);

• метод послойного лазерного наплавления металлического порошка (применяется Optomec, Accufusion, BeAM, DM3D);

• метод послойного селективного лазерного наплавления металлического порошка (применяется EOS, Concept Laser, SLM Solutions, Realizer, Renishaw, 3D Systems);

• метод послойного селективного электронно-лучевого наплавления металлического порошка (применяется Arcam).

Указанные технологии применяются в авиационной и аэрокосмической промышленности для производства таких видов оборудования и компонентов, как входные клапаны, реактивные сопла, лопатки турбин, воздухозаборники, комплектующие крыла летательных аппаратов, шарнирные навески, инжекторы авиационных двигателей и др.

Драйверы и ограничители рынка АТ в авиационной и аэрокосмической отраслях:

• необходимость снижения стоимости производства авиалайнеров и отдельных комплектующих;

• необходимость повышения эффективности производственных процессов с целью снижения временных затрат на производство авиалайнеров и отдельных комплектующих;

• необходимость оптимизации цепочки поставок готовых видов продукции;

• переход к производству цельных готовых конструкций (отказ от сборки с применением разных деталей и комплектующих);

• упрощение процессов испытания и сертификации готовых изделий;

• необходимость сокращения топливных расходов компаний за счет применения меньшего числа комплектующих при производстве летательных аппаратов и, как следствие, снижения их веса;

• необходимость сокращения объема отходов производства;

• рост спроса на новые летательные аппараты в мире — как гражданские авиалайнеры, так и грузовые самолеты.

Проблемы и трудности изготовления изделий с помощью АТ [11]:

• комплектующие должны соответствовать стандартам, установленным для изделий, производимых традиционными методами;

• в отдельных случаях внедрение комплектующих сдерживается их несоответствием отраслевым стандартам;

• производство отдельных комплектующих может быть освоено только в долгосрочной перспективе;

• количество изделий пока остается сравнительно небольшим;

• темпы замены старых комплектующих на изделия, производимые с использованием АТ, остаются низкими;

• механические свойства отдельных материалов, применяемых для аддитивного производства, не позволяют использовать их в авиационной промышленности.

Россия в аддитивных технологиях пока сильно отстает от стран — технологических лидеров. Причем отставание отмечается в производстве оборудования для 3D-печати, масштабах применения технологий в ключевых промышленных отраслях, в производстве сырья и вспомогательных материалов и т.д. Среди крупнейших потребителей порошковых материалов на российском рынке можно назвать такие предприятия, как ПАО «Авиадвигатель» и ПАО «НПО «Сатурн» (в обоих случаях — разработка газотурбинных технологий и двигателей), а также ЗАО «Новомет–Пермь» (производство погружных электроцентробежных насосов для добычи нефти). Значительную работу по развитию и продвижению аддитивных технологий проводят госкорпорации «Росатом» и «Роскосмос».

Очевидно, что стимулирование разработок в области аддитивного производства в России необходимо поддерживать как с помощью государственного субсидирования (компенсации затрат предприятий на производство и НИОКР), так и за счет прямых инвестиций. Одним из крупнейших игроков, оказывающих финансовую поддержку проектам в сфере аддитивных технологий, является Фонд развития промышленности, выдающий компаниям льготные займы [11].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2018 году для всего промышленного лазерного рынка прогнозируется рост около 7%. Продолжится увеличение доходов лазерной промышленности в секторах: автомобильном, аэрокосмическом, энергетике, электронике и связи.

Лидером роста применений лазерных технологий по-прежнему будет Китай, а из отраслей — электроника, аддитивные технологии, эксимерные и фемтосекундные, волоконные и диодные, а также, вероятно, синие лазеры.

**Александр Геннадьевич Игнатов**
**НПП «Лазерные системы», г. Санкт-Петербург,**
**эксперт Министерства образования и науки РФ**
**и КНЭ стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям**
**e-mail: laseris-spbo@yandex.ru, www.lsystems.ru**

**Литература**

1. ANNUAL LASER MARKET REVIEW & FORECAST: Lasers enabling lasers / K. Kinkade, A. Nogee, G. Overton, D. Belforte, C. Holton // Laser Focus World. 2018. №1. P.42–67 // Перевод: Лазер-Информ. 2018, № 3–4 (618–619). С. 2–10
2. Belforte D. 2017 was a great year — for industrial lasers / Industrial Laser Solutions. 2018. № 1–2. P.11–15
3. Лазерные рынки развиваются, несмотря на «встречные ветры» в глобальной экономике / Г. Овертон, А. Ноджи, Д. А. Бельфорте, К. Холтон // Лазер-Информ. 2013. № 3 (498). С. 1–8 // Laser Focus World. . 2013. № 1. P. 36–47.
4. High-power blue laser improves fabrication throughput / J.-M. Pelaprat, R. Fritz, M. Finuf, M. Zediker / Industrial Laser Solutions. 2018. № 1–2. P. 17–20.
5. Belforte D. My view. Lasers make it better/Industrial Laser Solutions. 2018. № 1–2. P. 32.
6. Ревадзе Д. На Тайване началось строительство фабрики по производству чипов 5 нм//https://hightech.fm/2018/01/29/tsmc-5nm?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com 29/01/2018
7. Wallace J. Technology Review: Laser Focus World's top 20 photonics technology picks for 2017 // http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-53/issue-12/features/technology-review-laser-focus-world-s-top-20-photonics-technology-picks-for-2017.html?cmpid=enl_lfw_lfw_laser_sources_newsletter_2018–01–11&pwhid3 12/01/2017
8. Anant Deshpande. The industrial laser market in India / Industrial Laser Solutions. 2018. № 1–2. P.25–27.
9. Milton S. F. Lima. Industrial lasers in Brazil: The future brightens / Industrial Laser Solutions. 2018. № 1–2. P. 28–30.
10. Россия наращивает экспорт лазеров//http://www.arms-expo.ru/news/cooperation/odk_razrabotala_pervyy_rossiyskiy_morskoy_gazoturbinnyy_agregat_gta_8_/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com 01/01/2018
11. Волостнов А. Frost & Sullivan: технологии аддитивного производства — рынок, тенденции и перспективы до 2025 года / Frost & Sullivan//http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/frost-sullivan-additive-manufacturing-technologies-market-trends-and-p/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com 13/02/2018
12. Сапрыкин Д. Л. Перспективы серийного производства лазерного аддитивного оборудования в России и типоряд аддитивных машин ГК «Лазеры и аппаратура» / Доклад на научно-практической конференции ТП «Фотоника» выставки «ФОТОНИКА-2018», г. Москва, 27.02.2018.

# СПОСОБ ИНДУКТИВНОЙ ЗАКАЛКИ И ОТПУСКА ДЕТАЛЕЙ В ФИКСИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ КО ВСЕ БОЛЕЕ УВЕЛИЧИВАЮЩЕМУСЯ КОЛИЧЕСТВУ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРЕДЪЯВЛЯЮТСЯ ВСЕ БОЛЕЕ ВЫСОКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ТОЧНОСТИ. ДЛЯ ТОГО ЧТОБЫ СООТВЕТСТВОВАТЬ ИМ, ПРЕЖДЕ ВСЕГО В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, БЫЛ РАЗРАБОТАН КАЧЕСТВЕННО НОВЫЙ СПОСОБ ИНДУКЦИОННОЙ ЗАКАЛКИ В ПРЕССЕ.

Фирма EMA INDUTEC GmbH, существующая с 1946 года, разработала новый процесс, который объединил известные преимущества индукционного нагрева и закалки с преимуществами процесса закалки в прессе.

Среди достоинств индукционной закалки:

- нагрев осуществляется непосредственно в детали,
- отсутствие потерь при передаче,
- экономия энергии,
- высокий коэффициент использования,
- управление процессом быстро и просто контролировать,
- отсутствие вредных выбросов.

Рассмотрим, как они могут быть дополнены.

## ВЫСОКОПРЕЦИЗИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДЕТАЛЯМ

**Деформация в процессе закалки**

При нагреве примерно до 900–950°C проявляются такие неблагоприятные последствия, как:

- различные термические расширения, вызванные различием масс и формы,
- коробление как следствие ассиметричной формы,
- коробление в результате ассиметричных структур закалки,
- расширение из-за большего объема мартенситной структуры (около 1%),
- и, чаще всего, комбинации вышеуказанных факторов; и напоследок недопустимо забывать:
- напряжения в детали, возникшие в процессе обработки и изготовления перед процессом закалки.

Все уже предварительно существующие внутренние напряжения высвобождаются в процессе нагрева и закалки, в особенности в тонкостенных деталях.

Для того чтобы ликвидировать неизбежно возникающие влияния, необходимы интенсивные по времени и как результат дорогие доработки. Дополнительно усложняющим моментом является тот факт, что все действия по улучшению (такие как шлифовка и правка) приходится выполнять на закаленной поверхности.

## ИНДУКЦИОННАЯ ЗАКАЛКА В ЗАНЕВОЛЕННОМ СОСТОЯНИИ (FIXTURHÄRTEN)

**Индукционный процесс закалки на оправке**

Для того чтобы исключить все эти кажущиеся неизбежными нежелательные воздействия и выполнить актуальные требования, фирма EMA Indutec GmbH уже поставила большое количество установок индукционной закалки, в подавляющем большинстве рассчитанных на кольцевые и цилиндрические детали, как, например, скользящая муфта. Уже представленный на рынке вариант процесса для детали после цементации показан на **рис. 1**, **табл. 1.**

Овальная или некруглая скользящая муфта устанавливается на токонепроводящем центрирующем и удерживающем устройстве (шаг 1) и нагревается индукционным способом до температуры закалки ок. 900°C (шаг 2). По достижении температуры следует краткая выдержка для равномерного и гомогенного распределения температуры по детали. Затем в деталь вводится калибрирующая оправка (шаг 3) с последующей немедленной закалкой посредством подачи в большом количестве охлаждающей жидкости на базе полиамида (шаг 4). Шаги с 1 по 4 представляют собой процесс индукционной закалки обрабатываемой детали с горячей посадкой на оправку из высоколегированной стали.

Далее следует процесс отпуска: индуктор повторно располагается вокруг скользящей муфты и калибрирующей оправки (шаг 5), и включается питание. Подаваемая величина мощности служит преимущественно для генерации необходимой теплоты отпуска во все еще напрессованной детали (шаг 6). При увеличении температуры происходит минимальное тепловое расширение скользя-

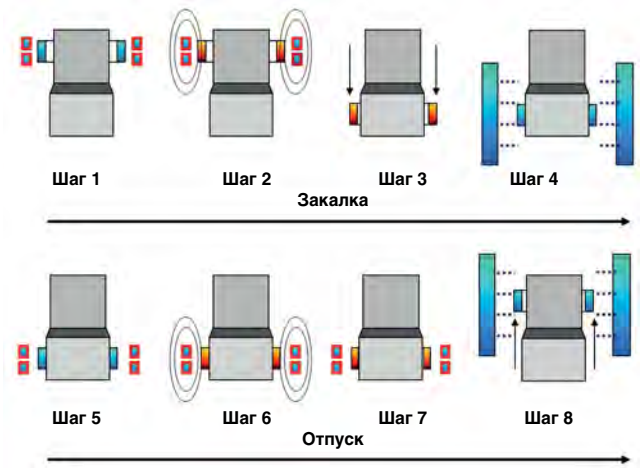



**Рис. 1. Индуктивная закалка на оправке**

**Таблица 1. Типичные параметры процесса**

| **Скользящая муфта (16MnCrS5)<br>Закалка и отпуск, закалка оправки включена** | |
|---|---|
| Мощность | 100 кВт |
| Частота | 10 (или 20) кГц |
| Время цикла | 60 с (вкл. загрузку) |
| Твердость поверхности | 650 … 720 HV1 |
| Глубина закалки | 0,3 … 0,6 мм |
| Твердость сердцевины | 320 … 420 HV1 |
| **Точность:** | |
| Допуск круглости | < 0,05 мм |
| Параллельность | < 0,05 мм |
| Конусность / Прямоугольность | < 0,05 мм |

щей муфты. Уже при температуре около 200°C образуется минимальный зазор (шаг 7), который позволяет без какого-либо заметного приложения силы снять скользящую муфту с калибрирующей оправки — усилие пружины при этом более чем достаточно. На прецизионной и высокоточной поверхности калибрирующей оправки, таким образом, не образуется никаких следов истирания или царапин (шаг 8), что, само собой разумеется, существенно увеличивает срок ее службы. В конце всего процесса закалки и отпуска скользящая муфта может быть опять охлаждена до комнатной температуры.

### Новый индукционный способ закалки в прессе

Новый процесс был разработан для тарельчатых зубчатых колес, но не ограничивается только ими. Все детали, требующие гладких и плоских поверхностей (**рис. 2**), могут быть, таким образом, в процессе закалки доведены до конечных размеров с высокой степенью точности.

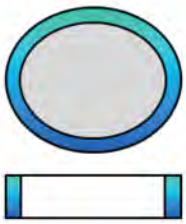


**Рис. 2. Нерегулярное тарельчатое колесо**

В принципе, новая установка работает аналогичным образом, что и обычная (см. выше). Однако дополнительно внизу существует одно неподвижное устройство фиксирования детали (нижний штамп) и верхний штамп, который прижимается к горячей детали и в процессе закалки давит с определенным усилием.

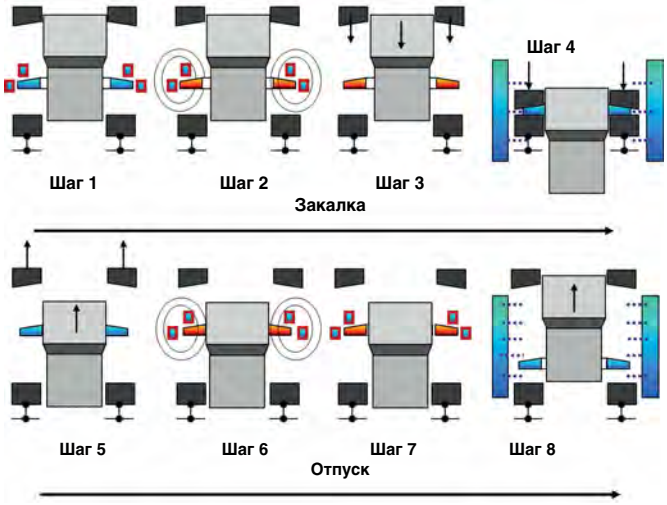



**Рис. 3. Индукционная закалка в заневоленном состоянии тарельчатого (зубчатого) колеса**

**Таблица 2. Параметры процесса тарельчатого колеса**

| **Тарельчатое колесо (16MnCrS5)<br>Закалка в заневоленном состоянии и отпуск** | |
|---|---|
| Мощность | 250 кВт |
| Частота | 10 кГц |
| Время цикла | 4 мин |
| Твердость поверхности | 680…780 HV30 |
| Глубина закалки | 0,8…1,2 мм |
| Твердость сердцевины | 350…480 HV30 |
| **Точность:** | |
| Допуск круглости | < 0,03 мм |
| Параллельность | < 0,03 мм |
| Конусность / Прямоугольность | < 0,05 мм |

Шаги 3 и 4 **рисунка 3** предполагают дополнительные устройства фиксации детали (маркированы зеленым цветом).

После закалки (шаг 4) штампы более не нужны, и их отводят — осуществляется процесс индукционного отпуска тем же самым индуктором и источником питания, как и перед этим в процессе закалки (шаги 5 и 6).

Параметры процесса и получаемые результаты представлены в **таблице 2.**

### Преимущества установки

При сопоставлении с традиционным способом закалки в заневоленном состоянии новая установка характеризуется двумя важными и исключительными критериями.

1. В большинстве обычных способов детали подвергаются газовому нагреву в печи с вращающимся подом, затем цементации и в конце в горячем состоянии передаются в пресс. В процессе транспортировки детали охлаждаются в большей или меньшей степени. Как известно, при этом промежуток времени между концом фазы нагрева и первой закалкой чрезвычайно важен для качества получаемых деталей, и в новом способе он существенно сокращен. При известных условиях индуктор в новой установке позволяет восполнить потери при переносе и компенсировать снижение температуры.

2. Также изменена и техника закалки. EMA Indutec GmbH использует четыре независимых друг от друга регулируемых закалочных контура: посредством выходных отверстий нижнего штампа, посредством верхнего штампа, с помощью калибрирующей оправки и дополнительно традиционным душевым закалочным охлаждением снаружи (**рис. 4**). Эти четыре закалочных опции предоставляют максимально возможную гибкость и позволяют корректировать форму только за счет раздельного регулирования работы форсунок душирования. Само собой, также индивидуально программируются и нормы расхода, и время выдержки. Все форсунки душирования контролируются расходомерами.

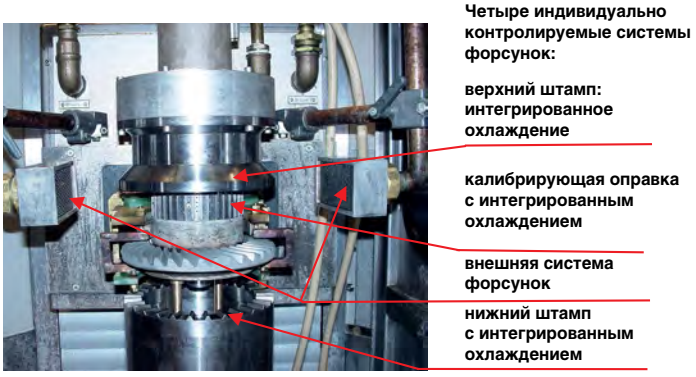



**Рис. 4. Четыре индивидуально контролируемые системы форсунок**

### Преимущества технологии

Посредством вышеописанной установки и процесса EMA INDUTEC GmbH объединяет преимущества индукционной закалки с преимуществами закалки в заневоленном состоянии:

- процесс может быть интегрирован прямо в линию,
- непрерывный поток в производстве (One-piece flow),
- отсутствие задержки в начале процесса — без задержки нагрева,
- экономия энергии за счет короткого нагрева,

- прекрасная воспроизводимость за счет хорошего регулирования,
- размер детали еще более близок к конечным размерам,
- минимизирование брака,
- минимизирование процессов доработки.

Процесс базируется на работе с деталями после цементации. Таким образом, нет необходимости менять материал (к примеру, на улучшаемую сталь с достаточным содержанием углерода) — допускаемые параметры закалки не нужно изменять. Т. е. процесс настройки менее затратный финансово и по времени по сравнению с полностью новой технологией и деталями, которые изготавливаются из другого материала.

## КОНЦЕПЦИЯ С КОЛЬЦЕВОЙ ПЕЧЬЮ

### Установка в соответствии с современным уровнем техники

**Рис. 5** показывает схему традиционной установки. Основными компонентами являются печь с вращающимся подом для цементации и обычный закалочный пресс для предварительно нагретых деталей. Так как традиционная установка в качестве закалочной среды использует масло, далее в линию должна быть включена моечная машина для последующей очистки деталей. Затем отдельная отпускная печь. Все компоненты установки соединяются транспортной системой.

### Индукционная промышленная установка — схема размещения

Уже на первый взгляд очевидно, что количество отдельных компонентов установки (**рис. 6**) заметно сокращено. Остаются только печь с вращающимся подом и новая индукционная установка для закалки в заневоленном состоянии с последующим отпуском. Моечная машина более не нужна, так как индукционная закалка обычно работает с закалочной средой на водной основе так, что не возникает потребности очищать детали после термической обработки. В дополнение можно отказаться от отдельно стоящей печи отпуска. Отпуск интегрирован в новом процессе, как результат, не требуется дополнительная энергия. Индуктор позволяет как нагрев под закалку, так и отпуск без какой-либо переналадки — лишь различается подводимая мощность.

Вследствие этого сокращается число составных частей установки, а также число систем передачи и, как результат, значительное сокращение источников сбоя и требуемого обслуживания. Сердце нового процесса — модуль, состоящий из индуктора, верхней и нижней фиксации детали, а также калибрующей оправки, может быть интегрирован в (почти) каждую стандартную установку EMA Indutec GmbH (**рис. 7**).

## ПРИМЕНЕНИЕ

Процесс подходит для следующих деталей:

- скользящие муфты,
- поворотные круги,
- синхронизирующие кольца,
- тарельчатые колеса,
- корпуса сцепления,
- любой тип высокоточных цилиндрических деталей.

## ВЫВОДЫ

Представлен полностью новый процесс, который объединяет как преимущества индукционного нагрева и индукционной закалки, так и преимущества закалки в заневоленном (фиксированном) состоянии для изготовления высокоточных деталей с существенно сокращенными или полностью исключенными последующими процессами обработки.

Главным компонентом является закалочная машина, оснащенная встроенным устройством закалки в заневоленном состоянии в координации с индукционным нагревом. Индуктивная энергия может использоваться для нагрева детали перед закалкой в прессе, а также для нагрева под отпуск, что гарантирует легкое снятие/вывод калибрирующей оправки без какого-либо ее износа или повреждения поверхности. Комплектная установка отдельно или в производственной линии не требует ни моечной машины, ни отдельной отпускной печи.

**Вильфред Гой (Wilfried Goy), Михаил Гаркуша**
EMA-Indutec GmbH, Германия
Petersbergstr. 9, D-65451 Meckesheim
Тел.: +49-6226-788-0
Факс: +49-6226-788-100
E-mail: info@ema-indutec.de
www.ema-indutec.com

**Литература**

1. Heess K. et al., Maß-und Formänderungen infolge Wärmebehandlung, Expert Verlag, Renningen 2007.
2. Benkowsky G. , Induktionserwärmung, Verlag Technik GmbH, Berlin 1990.
3. Schreiner, A.; Irretier, O., Praxishandbuch Härtereitechnik, Vulkan-Verlag, Essen 2013.
4. Nacke, B.; Baake, E., Induktives Erwärmen, Vulkan-Verlag, Essen 2014.

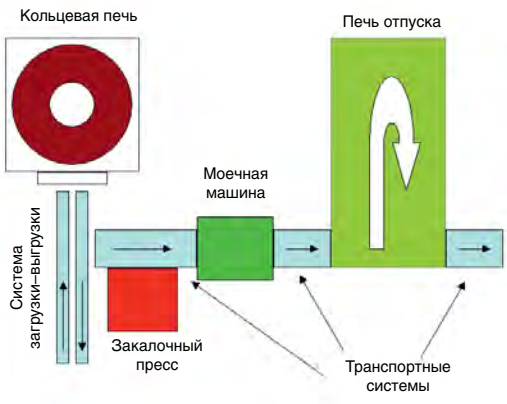



Рис. 5. Традиционная установка

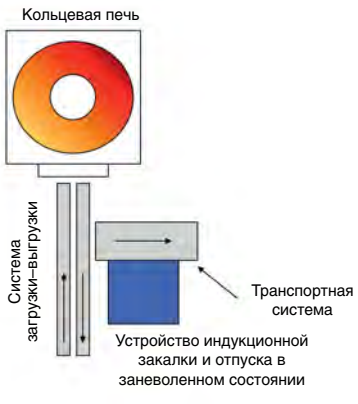



Рис. 6. Индукционная промышленная установка

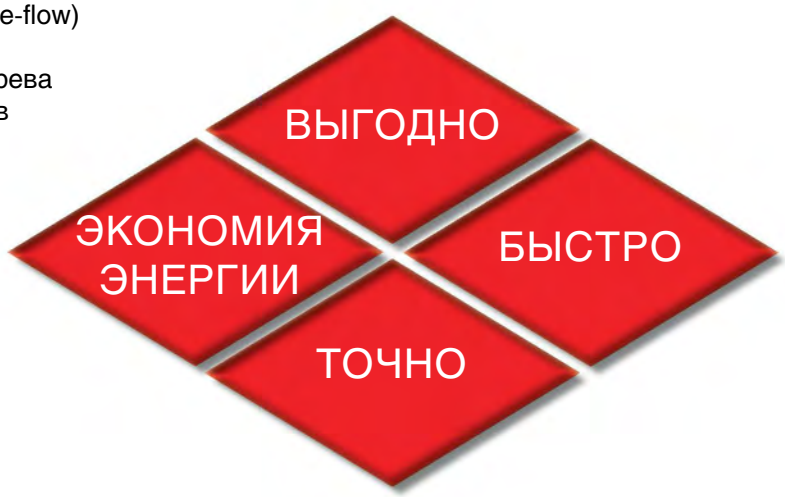
Рис. 7. Закалочная установка

Induction Technology

# ИНДУКЦИОННАЯ ЗАКАЛКА В ФИКСИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

## Ваши преимущества

- Размеры заготовки близки к размерам конечной детали
- Минимизация брака и последующей обработки
- Установка может быть интегрирована прямо в линию
- Непрерывный поток в производстве (One-Piece-flow)
- Отсутствие задержки в начале процесса
- Экономия энергии в результате краткости нагрева
- Превосходная воспроизводимость результатов




**EMA Indutec GmbH**

Petersbergstraße 9
74909 Meckesheim
D-Deutschland

Тел.: +49 6226 788 0
Факс: +49 6226 788 100

sales@ema-indutec.de
www.ema-indutec.com

# АДАПТИВНЫЕ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВЫЕ МЕТОДЫ СВАРКИ*

ЗАДАЧА ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА, ЖИВУЧЕСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ МОЖЕТ БЫТЬ РЕШЕНА ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ИХ МОНТАЖА И РЕМОНТА МОБИЛЬНЫХ И ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

В связи с интенсивным освоением территорий, расположенных в регионах Сибири, Крайнего Севера и Арктики, возникает настоятельная необходимость совершенствования технологий сварки и наплавки как основных процессов, применяемых при производстве и ремонте крупногабаритных металлоконструкций ответственного назначения в условиях низких климатических температур: нефте- и газопроводы, резервуары, судовая, автомобильная, строительно-дорожная и карьерная техника, оборудование объектов энергетики, связи, железнодорожной инфраструктуры [1].

Одним из наиболее перспективных путей, позволяющих обеспечить равнопрочность металлоконструкции в целом, является применение для ее изготовления технологических процессов на основе высококонцентрированных потоков энергии, которые вследствие быстрого нагрева зоны соединения и такого же быстрого ее охлаждения способствуют минимальным структурным изменениям, а следовательно, и минимальным напряжениям и деформациям. Наиболее полно сформулированным требованиям отвечают импульсные технологические процессы сварки, которые в последнее время находят все большее применение в практике мирового промышленного производства [2].

## НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Практическая реализация данного подхода связана с необходимостью решения ряда сложных технологических и электротехнических задач [3].

Для решения первой группы задач: управления каплеобразованием, переносом электродного металла, кристаллизацией сварочной ванны — сварочное оборудование должно обладать способностью контроля изменения основных показателей процесса: напряжения дуги, сварочного тока, мгновенной мощности сварочной дуги [4].

Для решения второй группы задач (электротехнических) необходимо в сварочное оборудование вводить специальные блоки (чопперы), обладающие способностью коммутировать максимальную мощность импульса, малоинерционные, с удовлетворительными массогабаритными показателями и надежные в работе [5]. Удовлетворить перечисленным требованиям весьма сложно, поскольку это связано с коммутацией больших импульсных мощностей (до 50 кВт и более) на интервалах в единицы микросекунд.

В качестве примера практической реализации вышесформулированного подхода: в 1970-х — 1980-х годах в Советском Союзе были созданы способы ручной дуговой, покрытыми электродами, и механизированной сварки в среде $CO_2$, Ar и газовых смесях на их основе с управляемым и неуправляемым переносом электродного металла проволоками сплошного сечения и порошковыми. Большинство созданных в вышеуказанный период методов сварки легли в основу многочисленных способов дуговой сварки, которые сегодня известны в мировой практике как STT, SMT и другие. Однако, несмотря на эффективность известных технологий и оборудования, их не всегда удается применить для решения ответственных задач в сложных монтажных и климатических условиях.

По нашему мнению, для безусловного достижения вышеобозначенной цели необходимо решение трех взаимосвязанных задач — разработка и практическое применение:

- нового поколения сварочных и наплавочных материалов, имеющих в своей структуре субмикрокристаллические и наноразмерные компоненты, оказывающие модифицирующее влияние на зону неразъемного соединения [6];
- новых методов диагностики быстропротекающих процессов тепломассопереноса, сопровождающих плавление, перенос и кристаллизацию металла шва из расплава, оказывающих доминирующее влияние на напряженно-деформируемое состояние конструкций ответственного назначения [7];
- нового поколения источников питания, обладающих высокими динамическими свойствами и реализующих алгоритмы адаптивного импульсного управления.

**Решение первой задачи** основано на применении в качестве модификаторов субмикрокристаллических и наноразмерных порошков. На рубеже XX и XXI веков эту фундаментальную задачу в США и Канаде, странах Европейского Союза, России, Китае и странах СНГ начинают решать путем применения в составе присадочных материалов химических соединений, содержащих твердые сплавы, твердые растворы, в т. ч. алюминия, кремния, циркония, а также порошки тугоплавких соединений на основе хрома, титана, никеля и т. д., которые под действием импульсных высококонцентрированных энергетических потоков с малой длительностью пульсации способны активировать процессы структурно-фазовых и химико-термических превращений, обеспечивающих повышение физико-механических и эксплуатационных свойств покрытий [8].

**Решение второй задачи** всецело определяется новыми методами диагностики характера протекания микрометаллургических процессов на этапах плавления, переноса электродного металла, а также кристаллизации сварочной ванны при формировании неразъемного соединения [9]. Исследования подобных быстропротекающих процессов сопряжены с определенными трудностями, связанными со скоростью протекания процессов тепломассопереноса при одновременном действии мощного светового излучения сварочной дуги. Вместе с тем в настоящее время удается преодолеть обозначен-

* Работа выполнена за счет средств проекта РНФ № 16–19–10010.

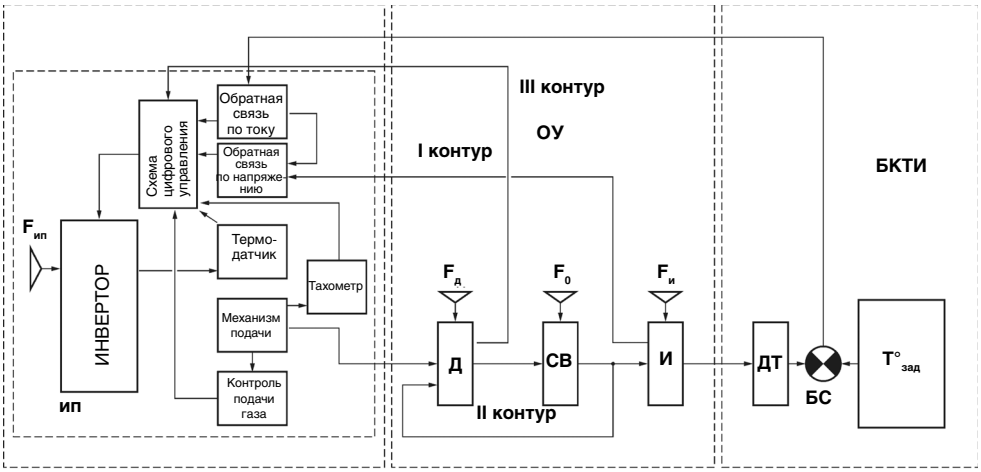



**Рис. 1. Блок-схема адаптивной системы автоматического регулирования технологического процесса сварки, где ИП — источник питания; Д — дуга; И — изделие; ОУ — объект управления; СП — система питания; БКТИ — блок контроля температуры изделия; ДТ — датчик температуры; БС — блок сравнения; $T°_{зад}$ — блок задания температуры изделия; $F_{ип}$, $F_д$, $F_о$, $F_и$ — возмущающие воздействия.**

ные трудности путем применения в составе создаваемых диагностических комплексов специальных импульсных CuBr-лазеров.

**Наиболее сложной является третья задача.** Суть ее решения связана с необходимостью создания новых источников импульсной энергии: импульсно-дуговых, импульсно-плазменных, импульсно-лазерных, а также высокоскоростных газопламенных, электроконтактных, детонационных, которые были бы способны создавать направленные высококонцентрированные энергетические потоки с малой длительностью пульсации и использующие в своих структурах системы адаптивного управления для стабилизации рабочих характеристик [10].

Адаптивные импульсные технологические (**АРТ — adaptive pulse technology**) процессы сварки обеспечивают программируемый ввод теплоты в зону сварного соединения, управление процессами плавления и капельного переноса электродного металла, управление формированием структуры шва и ЗТВ, уменьшение степени остаточных деформаций в сварных соединениях при одновременной стабильности импульсного режима сварки в различных пространственных положениях [11]. В отличие от известных процессов дуговой сварки, в том числе импульсных, которые используют алгоритмы управления по жестко задаваемой программе, адаптивные импульсные процессы позволяют корректировать режимы на уровне их мгновенных значений основных энергетических параметров сварочного процесса в зависимости от состояния объекта управления «источник питания — дуга — сварочная ванна».

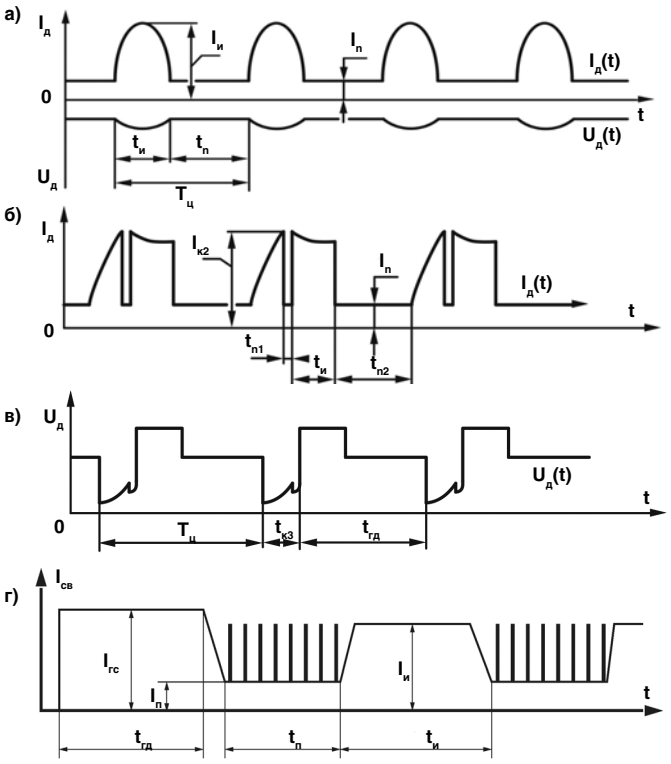



**Рис. 2. Базовые алгоритмы адаптивного импульсного управления, где $I_и$ — ток импульса, $I_п$ — ток паузы, $t_и$ — длительность импульса, $t_п$ — длительность паузы, $T_ц$ — длительность цикла ($T_ц = t_и + t_п$), $I_{к2}$ — пиковое значение тока короткого замыкания, $t_{п1}$ — длительность паузы в протекании тока к моменту разрушения перемычки, $t_{п2}$ — длительность паузы в протекании тока перед коротким замыканием, $I_{гс}$ — ток горячего старта, $t_{кз}$ и $t_{гд}$ — длительности интервалов короткого замыкания и горения дуги**

На **рис. 1** приведена блок-схема адаптивной системы автоматического регулирования технологического процесса сварки.

Важным элементом представленной системы автоматического регулирования является наличие каналов обратных связей, по которым осуществляется непрерывный контроль возмущающих воздействий на объект автоматического регулирования [12]. Их отработка осуществляется по изменению мгновенных значений основных энергетических параметров режима [13]. Такой подход требует коренной перестройки схемотехники применяемых источников питания. Техническая суть модернизации источников питания заключается в наличии в их структурах различных взаимосогласованных блоков, осуществляющих не только контроль за состоянием объекта управления, но и являющихся исполнительными элементами в системе питания по поддержанию заданной скорости подачи электродной проволоки, регулированию рабочей температуры элементов силовой части в результате автоподогрева, а также контролирующих изменения температуры окружающего воздуха.

На **рис. 2** приведены базовые алгоритмы адаптивного импульсного управления энергетическими параметрами технологического процесса: а — для переноса без коротких замыканий дугового промежутка; б, в — для переноса во время коротких замыканий дугового промежутка; г — при сварке — наплавке покрытыми электродами.

Наиболее важной характеристикой создаваемых систем питания является скорость отработки управляющих воздействий, поскольку современные технологические процессы часто требуют реакции системы питания на корректировку алгоритма управления на временных интервалах от $1\times10^{-4}$ до $3\times10^{-4}$ секунды. Таким требованиям, например, удовлетворяет оборудование, выпускаемое ООО «Эллой», г. Нижний Новгород (**рис. 3, 4**). Помимо

Рис. 3. Инверторный источник питания МС-501

Рис. 4. Инверторный источник питания МС-500 МХ

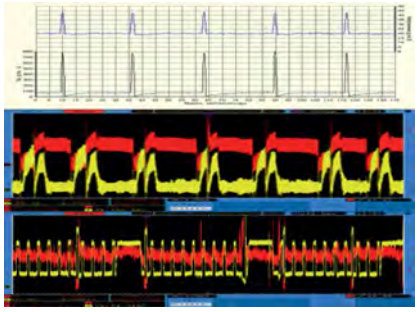


Рис. 5. Осциллограммы основных энергетических параметров адаптивных импульсных технологических процессов: а) адаптивной импульсно-дуговой сварки «длинной дугой» (без коротких замыканий дугового промежутка), б) механизированной адаптивной импульсно-дуговой сварки «короткой дугой» (с короткими замыканиями дугового промежутка), в) адаптивной импульсно-дуговой сварки покрытыми электродами

традиционного управления путем установки и поддержания энергетических параметров режимов сварки оборудование имеет возможность работы в синергетическом режиме, что значительно упрощает настройку и реализацию выбранной технологии.

На **рис. 5** приведены осциллограммы адаптивных импульсных технологических процессов, реализованных в новом поколении инверторного сварочного оборудования. Их анализ подтверждает перспективность выбранного направления совершенствования сварочного оборудования.

Оценивая технологические характеристики оборудования для питания дуги, можно отметить, что при применении управляемых процессов дуговой сварки появляется возможность отказаться от необходимости регулировать выходное напряжение источника питания, так как поддержание требуемого значения напряжения дуги при изменении скорости подачи электрода можно обеспечивать, используя длительность импульса тока (горения дуги). Т. е. можно отказаться от традиционных сглаживающих дросселей на стадии короткого замыкания. Это позволяет на 30–40% сократить длительность коротких замыканий, что значительно повышает эффективность процесса, делает его менее чувствительным к действию возмущающих факторов на стадии переноса электродного металла в сварочную ванну [14].

Данные алгоритмы эффективны для управления переносом каждой капли электродного металла при сварке плавящимся электродом в среде защитных как инертных газов — аргон, гелий, так и активных газов, таких как $CO_2$ или газовых смесей на основе аргона с добавлением $CO_2$. Их реализация позволяет решить задачу стабилизации характеристик массопереноса при механизированных способах сварки во всех пространственных положениях. Однако они не обеспечивают управления формированием металла шва из расплава, для чего требуется применение низкой частоты изменения энергетических параметров режима из-за значительной теплоинерционности сварочной ванны. Обычно для этого необходима низкочастотная модуляция сварочного тока в частотном диапазоне 0,25–5 Гц [15].

**Технологический процесс импульсно-дуговой сварки в указанном диапазоне называют процессом сварки пульсирующей дугой или модулированным током** [2]. Такой процесс, как правило, предполагает периодическое изменение выходной мощности в системе питания, чередуя высокий (импульс) и низкий (пауза) уровни. В периоды импульсов тока расплавляется основная часть электродного и свариваемого металлов, в последующие периоды паузы происходит кристаллизация большей части сварочной ванны.

Указанный диапазон соизмерим с теплоинерционностью сварочной ванны, что позволяет периодически изменять тепловой поток, вводимый в металл, и тем самым регулировать во время сварки процесс проплавления основного металла и формирования шва. В современных системах питания инверторного типа низкочастотная модуляция его выходной мощности может быть реализована путем изменения тактовой частоты полупроводникового преобразователя методами частотно-импульсной модуляции либо применением алгоритмов управления, реализуемых методами широтно-импульсной модуляции.

Импульсно-дуговая сварка на различных частотных диапазонах может быть реализована как при сварке неплавящимся электродом, так и при сварке плавящимся электродом. В первом случае режим работы выбирают либо для поддержания стабильного горения малоамперной дуги (частотный диапазон 5000–300 Гц), либо для обеспечения пульсирующего теплового потока, необходимого при сварке тонколистового металла (частотный диапазон 0,25–5 Гц). В отдельных случаях может быть реализована комбинация двух вышеобозначенных частотных диапазонов.

При импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом реализация пульсирующего режима работы системы питания представляет собой наиболее сложную техническую задачу, поскольку это сопряжено с необходимостью учета капельного переноса электродного металла в сварочную ванну (частотный диапазон 300–25 Гц) и одновременного управления формированием металла шва из расплава (частотный диапазон 0,25–5 Гц). Для обеспечения возможности совмещения двух частотных диапазонов при реализации

а) б)

Рис. 6. Тепловизионная съемка температурных полей на поверхности пластины при сварке в нижнем положении

технологического процесса требуется синхронная работа источника питания и подающего механизма.

Для подтверждения требуемого качества и эксплуатационных характеристик сварных соединений, получаемых методами адаптивных импульсных технологий сварки и наплавки, были проведены сравнительные исследования по оценке их свойств со сварными соединениями, получаемыми на стационарных режимах [16–18].

Основой выполненных исследований являлся анализ характера распределения тепловых полей при сварке облицовочного слоя шва в нижнем положении. В рамках этого подхода в процессе сварки производили интегрированную оценку тепловложения в формируемое сварное соединение. Это позволило изучить характер протекания тепловых процессов, определяющих производительность плавления основного и присадочного металла, направление и полноту протекания металлургических процессов в сварочной ванне, условия формирования структуры металла шва и зоны термического влияния, эксплуатационные свойства сварных соединений [19].

В процессе экспериментальных исследований регистрацию полей осуществляли с помощью тепловизора ThermaCAM P65HS фирмы FLIR, **рис. 7а, б**. Характеристики тепловизора: формат изображения 320×240 точек, температурная чувствительность — 0,08°С, погрешность измерения температуры — ±2°С или ±2% в зависимости от того, что больше. Съемку проводили в температурном диапазоне (200–1500)°С, **рис. 7б**. Установленный коэффициент излучения 0,92. На **рис. 7** приведены тепловизионные картины поверхности изделия в процессе сварки электродами УОНИ13/Мороз, 4 мм и LB-62D, 4 мм в режимах: постоянного тока (СПТ) и низкочастотной модуляции сварочного тока (СМТ).

На полученных термограммах видна картина изменения температурных полей свариваемого изделия. Однако определить координаты точек, соответствующих конкретной изотерме, по полученным изображениям затруднительно. Это является следствием того, что тепловизионная съемка процесса сварки проводилась под углом к оси шва и под углом к плоскости свариваемых пластин, **рис. 6а**. Кроме того, температура, которую показывает тепловизор, зависит не только от истинной температуры поверхности, но и от коэффициента излучения материала поверхности. Если коэффициент излучения маленький (в случае идеальной гладкой поверхности), то тепловизионная картина поверхности будет в большей степени отражать излучение от окружающей среды, чем излучает сама поверхность изделия. Это является особенностью тепловизионной съемки, которую следует учитывать при анализе получаемых результатов.

Анализируя распределение температурных полей, представленных на **рис. 7**, можно отметить, что, несмотря на различие в применяемых для сварки электродов, в целом характер тепловых полей остается одинаковым для выбранного способа сварки и существенно меняется при переходе из режима постоянного тока (СПТ) в режим импульсного изменения энергетических параметров режима (СМТ). При этом длина сварочной ванны уменьшается в среднем на 25–30%.

**Сравнение тепловизионных картин позволяет заключить**: основное влияние на температурные поля оказывает способ сварки, и в незначительной степени оказывают влияние марки применяемых электродов [20].

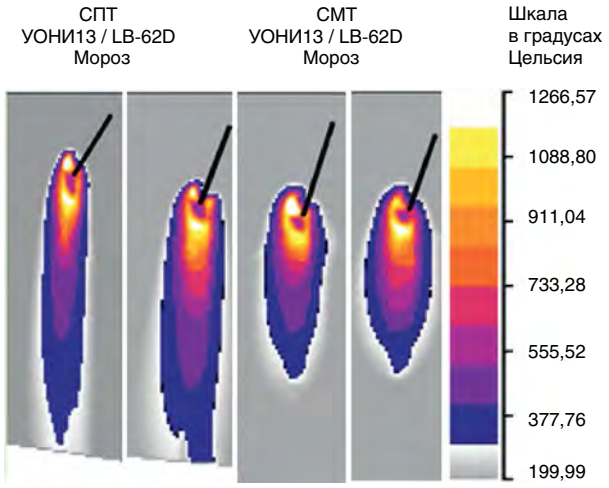



**Рис. 7. Распределение температурных полей при СПТ и СМТ электродами диаметром 4 мм**

Важной составляющей полученных результатов процесса тепломассопереноса является возможность одновременной синхронной регистрации энергетических параметров сварочной дуги и характеристик тепломассопереноса. На **рис. 8а** приведены осциллограммы тока и напряжения процесса сварки; на **рис. 8б** — видеоизображения отдельного микроцикла — периода плавления и переноса одной капли электродного металла.

Основной задачей при выполнении исследований по влиянию тепломассопереноса при дуговой сварке является обоснование условий, при которых происходит формирование неразъемного соединения. Нагрев и охлаждение обрабатываемого изделия вызывают разнообразные физические и химические процессы в самом материале: плавление, перенос электродного металла, кристаллизация расплава, напряжения и деформации,

возникающие в зоне неразъемного соединения и определяющие эксплуатационные показатели всего изделия.

В эксперименте проводилось сравнение различных марок электродов по их технологическим показателям и характеристикам тепломассопереноса, осуществляемого при различных методах дуговой сварки на режимах постоянного (СПТ) и модулированного тока (СМТ). Типичные осциллограммы режимов СПТ И СМТ представлены в **таблице 1**.

Результаты статистической обработки осциллограмм тока и напряжения представлены на **рис. 9–11** в виде усредненных показателей тепломассопереноса.

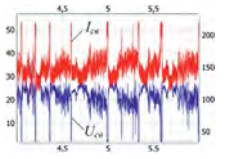
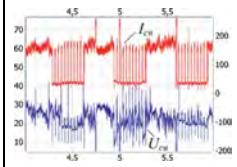
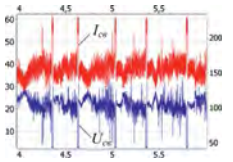
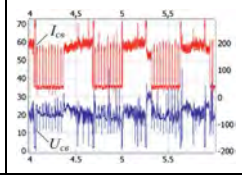
Основными показателями тепломассопереноса при дуговой сварке плавящимся электродом являются: частота перехода электродного металла в сварочную ванну в виде отдельных капель, их теплосодержание, длительность их нагрева до момента отрыва от электрода. Для случая сварки с короткими замыканиями дугового промежутка важным показателем стабильности тепломассопереноса является коэффициент вариации длительностей коротких замыканий [21].

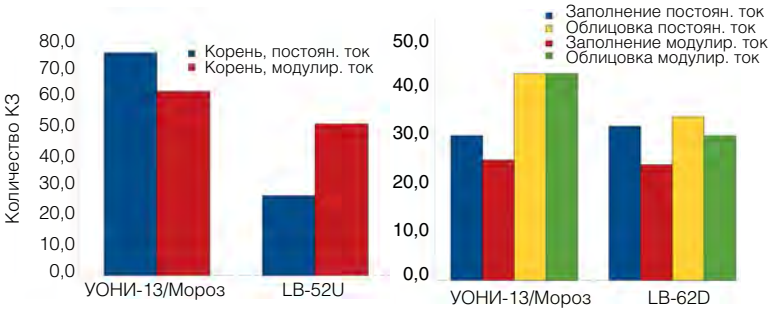
Как правило, весь процесс сварки может характеризоваться семейством кривых термических циклов, которые можно получить обработкой результатов тепловизионной съемки. Важным показателем затрачиваемой энергии при формировании неразъемного соединения является погонная энергия, которая рассчитывалась в соответствии с общепринятой методикой. Более детализованная оценка характеристик тепломассопереноса была сделана в предыдущей работе [20]. Было установлено, что на их показатели оказывают влияние не только энергетические характеристики процесса сварки и способ сварки (СПТ или СМТ), но и тип сварочных электродов, включая их химический состав и качество изготовления.

Типичная микроструктура сварных соединений по горизонтальному сечению центральной части металлографических образцов (СШ) на примере соединения серии СМТ 4 приведена на **рис. 12**.

Структура ОМ стали 09Г2С представляет собой феррито-перлитную смесь с объемной долей ферритной составляющей $f_{об}$ = 68% и размером ферритного зерна $d_ф$, варьирующимся в пределах $d_ф$ = 5,02–10,40 мкм. Методом количественной металлографии установлено, что объемная доля и средний размер зерен феррита в ЗТВ сварных соединений серий 1, 2, 3 и 4 меняются незначительно и находится в пределах $f_{об}$ = 66–69% и $d_ф$ = 3,29–6,58 мкм соответственно. В металле СШ свар-

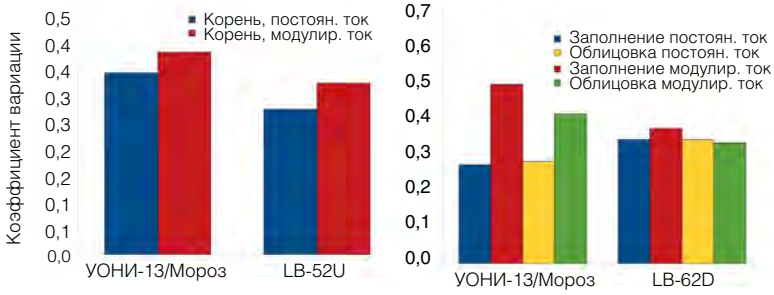
**Таблица 1. Осциллограммы тока в сварочной цепи и напряжения на межэлектродном промежутке**

| № образца | Электрод | Сварка на постоянном токе | Сварка модулированным током |
|---|---|---|---|
| СПТ 1 СМТ 2 | УОНИ 13/мороз, 4 мм |  |  |
| СПТ 3 СМТ 4 | LB-62D, 4 мм |  |  |



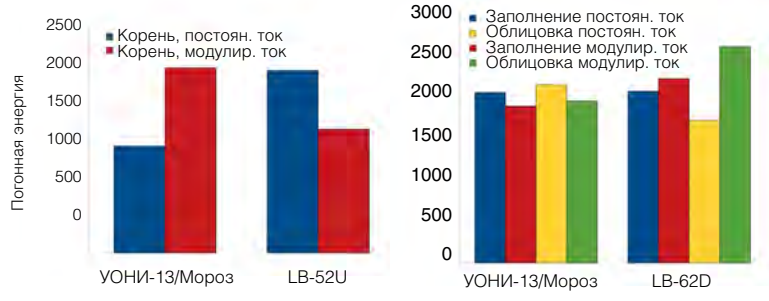

**а)** **б)**

**Рис. 9. Количество коротких замыканий за 10 секунд: а) сварка КШ электродами диаметром 3 мм, б) сварка ЗШ и ОШ электродами диаметром 4 мм**




**а)** **б)**

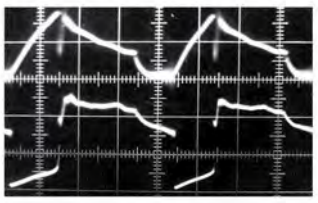
**Рис. 10. Коэффициент вариации длительности коротких замыканий: а) сварка КШ электродами диаметром 3 мм, б) сварка ЗШ и ОШ электродами диаметром 4 мм**




**а)** **б)**

**Рис. 11. Погонная энергия, затраченная при сварке: а) сварка КШ электродами диаметром 3 мм, б) сварка ЗШ и ОШ электродами диаметром 4 мм**

**а)**




**б)**

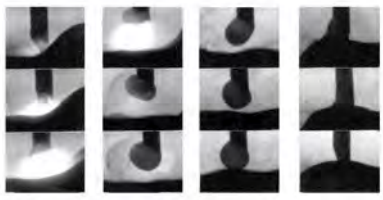


**Рис. 8. а) Осциллограммы тока (1) и напряжения (2) процесса сварки; б) видео изображения отдельного микроцикла — периода плавления и переноса одной капли электродного металла**

# METALMASTER 2.0

## ТЕХНОЛОГИИ MESSER – ВАШ ПУТЬ К УСПЕХУ

СДЕЛАНО В ГЕРМАНИИ

- **100 % Messer**
- **Высокая скорость позиционирования (35 м/мин) и реза (5 м/мин)**
- **Для плазменной (до 60 мм) и газокислородной (до 100 мм) резки, компактный дизайн**
- **Немецкий лизинг со ставкой 2,6%**

## НЕ УПУСТИТЕ СВОЙ ШАНС!

Металлообработка–2018
Павильон «Форум», стенд FG150

MESSER Cutting Systems

Мессер Эвтектик Кастолин | Москва, ул. Большая Тульская, д. 10, стр. 9 | Tel. +7 495 564-86-80 | Fax +7 495 231 38 35 | messer@messer-cs.ru | www.messer-cs.ru

ных соединений серий 3 и 4 объемная доля феррита и размер ферритного зерна соответствуют величинам $f_{об}$ = 60 –66% и $d_ф$ = 5,24–5,36 мкм соответственно.

На **рис. 13** приведены микроструктуры зон сварных швов, полученных с применением электродов УОНИ 13/Мороз, 4 мм на режимах СПТ и CMT. Микроструктуры образцов 1 и 2 отличаются. У образца серии 1 (СПТ) дендритоподобная структура содержит зерна больших размеров по сравнению с микроструктурными элементами образца серии 2 (CMT). Размеры дендритоподобных зерен во втором случае меньше, что подтверждает ранее установленный эффект рафинирования структуры в результате импульсного изменения энергетических параметров режима сварки. При этом сравнение структурных составляющих образца 2 (CMT, электрод УОНИ 13/Мороз), **рис. 13–2**, со структурными составляющими СШ образца 4 (CMT, электроды LB-52U и LB-62D), **рис. 12а**, показывает, что структурные элементы имеют примерно одинаковые размеры, несмотря на то, что во втором случае значения погонной энергии были выше.

Согласно приведенным на **рис. 14** результатам ударных испытаний основного металла и ЗТВ сварных соединений серий 1 и 2 и особенно серий 3 и 4, видно, что они не обладают выраженным порогом хладноломкости.

Установлено, что наиболее высокие значения ударной вязкости KCV = 1,02–2,25 МДж/м² металла ЗТВ в интервале температур испытаний от комнатной до –20°С наблюдается на образцах серии 2 сварного соединения, полученного с применением электродов УОНИ 13/Мороз при сварке в режиме CMT. При этом ударная вязкость металла ЗТВ независимо от способа получения сварного соединения при температурах испытаний до –40°С превышает значения KCV основного металла.

Уровень ударной вязкости металла ЗТВ сварных соединения серий 3 и 4, полученных с использованием электродов марки LB52U (корневой слой шва) и LB62D (заполняющий и облицовочный слой), практически не зависит от способа получения сварного соединения (СПТ или CMT). Значения ударной вязкости образцов серий 3 и 4 сопоставимы с ударной вязкостью металла ОМ, и при температурах испытаний до –20° они существенно ниже, чем у образцов серий 1 и 2. При температуре испытаний –60° уровень ударной вязкости всех изученных образцов ОМ и ЗТВ уравнивается и находится в пределах KCV = 0,17–0,43 МДж/м². Однако в металле ЗТВ наибольшие значения $KCV^{-60}$ = 0,36–0,43 МДж/м² достигаются на сварных соединениях серий 3 и 4 независимо от использованного способа сварки.

Таким образом, применение разработанных технологий и оборудования позволяет не только увеличить производительность сварочно-монтажных работ, усовершенствовать технику выполнения сварных швов в различных пространственных положениях, гарантировать высокое качество сварных соединений, снизить затраты на строительство и ремонт, но и отказаться от закупки дорогостоящих специальных электродов, электродных материалов и сварочного оборудования.

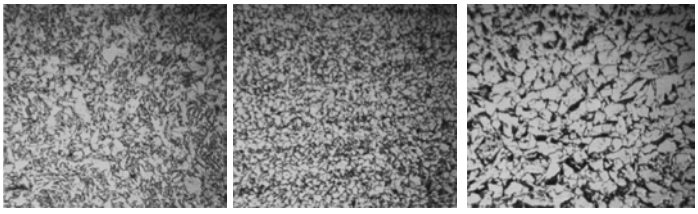
## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В России создано и успешно развивается перспективное направление по разработке и практическому применению методов АРТ, которые можно эффективно применять при строительстве и ремонте крупногабаритных металлоконструкций ответственного назначения.

2. Методы АРТ благодаря стабильности энергетических параметров при сварке в различных пространственных положениях, а также возможности программируемого ввода тепла в зону сварного соединения, управления процессами плавления и переноса каждой капли электродного металла, формирования мелкодисперсной структуры металла шва и зоны термического влияния способствуют уменьшению степени остаточных деформаций сварных соединений, что существенно повышает их эксплуатационные показатели.

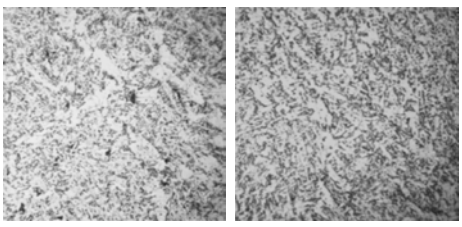
3. В отличие от известных в мировой практике процессов импульсно-дуговой сварки, использующих алгоритмы управления по жестко заданной программе, методы АРТ позволяют корректировать выбранный алгоритм через каналы обратных связей по изменению мгновенных значений основных энергетических параметров сварочного процесса, отражающих текущее состояние объекта управления: источник питания — дуга — изделие. Отмеченные достоинства могут быть эффективно использованы при разработке различных роботизированных технологических процессов, реализуемых при помощи адаптивных систем автоматического управления на базе ЭВМ и микропроцессоров общего назначения, в том числе при создании различных гибридных технологий.

4. Отмечая эффективность применения методов АРТ при монтаже и ремонте технических систем ответственного назначения в условиях низких климатических температур, в проводимых исследованиях показано, что повышение их эксплуатационных по-



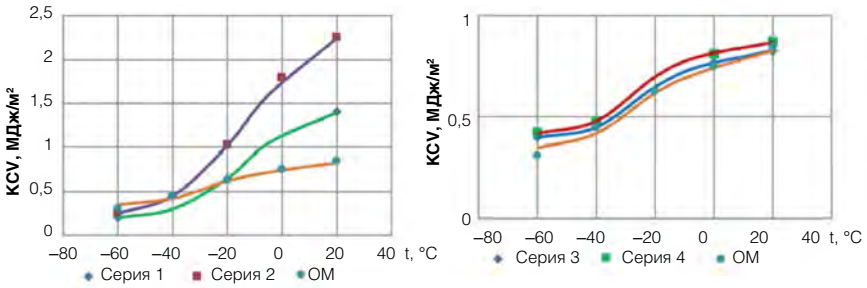
а) б) в)

**Рис. 12. Микроструктура образца серии 4 (CMT): СШ (а), ЗТВ (б) и ОМ (в)**



1 2

**Рис. 13. Микроструктура СШ сварных соединений серии 1 и 2**




а) б)

**Рис. 14. Температурные зависимости ударной вязкости ОМ и металла ЗТВ сварных соединений серий 1, 2 (а), 3, 4 (б)**

# ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНСАЛТИНГ

— более 10 лет опыта разработки передовых технологических процессов
— подбор и поставка любых типов режущего инструмента
— подбор, поставка и наладка современного станочного оборудования
— обучение персонала заказчика
— авторизованный сервисный центр по ремонту зажимных систем Allmatic

**ФРЕЗЫ**
**СВЕРЛА**
**ДЕРЖАВКИ**
**ПЛАСТИНЫ**
**РАСТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**
**ГЛУБОКОЕ СВЕРЛЕНИЕ**
**МЕТЧИКИ**
**ОСНАСТКА**

**Компания «Инженерный консалтинг» — официальный дистрибьютор Bilz**

BILZ

# Машина для предварительной настройки и измерения инструмента BTC

## Технические данные:

- ✓ Измерение и предварительная настройка режущего инструмента вне станка
- ✓ Продольное перемещение по оси Z: 400 мм
- ✓ Поперечное перемещение по оси X: 210 мм
- ✓ Наибольший измеряемый диаметр D: 420 мм
- ✓ Ручное быстрое перемещение по осям
- ✓ Электронная точная настройка по динамическому перекрестию проектора
- ✓ Визирование режущих кромок
- ✓ Светодиодная подсветка для проверки режущих кромок
- ✓ Наличие TFT-дисплея
- ✓ Под управлением ОС Windows
- ✓ Универсальный размер конуса шпинделя ISO 50 с функцией тормоза и позиционирования инструмента на углы, кратные 90°
- ✓ Маховики систем ручного перемещения кареток по осям X и Z обеспечивают высокую скорость и точность настройки инструмента

## Опции:

- ✓ Увеличение измерительного диапазона по оси Z = 600 mm
- ✓ Измеряемый диаметр D 320 мм, диаметр калибровочной скобы 100 мм
- ✓ Функция автофокуса
- ✓ Пневматический зажим шпинделя
- ✓ Дисплей 17”


**Москва** +7 495 995-96-96
**Нижний Новгород** +7 831 296-11-28
**Ковров** +7 49232 6-46-66
**Санкт-Петербург** +7 812 571-29-29
**Новосибирск** +7 383 280-46-49

ИК
www.инженерныйконсалтинг.com

казателей при повышенных механических нагрузках, износе, коррозии, наличии агрессивных сред, циклических воздействий внешних и внутренних факторов, обусловленных повышенным перепадом температур, атмосферного, гидростатического и гидравлического давлений, неразрывно связано с кинетикой плавления, переноса и кристаллизации металла шва из расплава непосредственно в процессе формирования сварных соединений. Возможность управления перечисленными быстропротекающими процессами открывает новые возможности в решении фундаментальной задачи — развития машиностроения, энергетики, химической, добывающей и перерабатывающей промышленности в регионах Крайнего Севера и Арктики.

5. Дальнейшее проведение фундаментальных и ориентированных исследований в этом направлении представляет собой актуальную научно-техническую задачу, от решения которой всецело зависит дальнейшее развитие мирового промышленного производства.

**Юрий Николаевич Сараев**
**Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск**
**e-mail: litsin@ispms.tsc.ru**

**Литература**

1. Ларионов В.П., Слепцов О.И., Сараев Ю.Н., Безбородов В.П. Новые подходы к разработке современных технологий сварки и нанесения покрытий для обеспечения эксплуатационной надежности металлоконструкций и изделий, эксплуатируемых в условиях Сибири и Крайнего севера // Вестник Академии военных наук. — 2008. — № 3. — С. 67–69.
2. Сараев Ю.Н. Импульсные технологические процессы сварки и наплавки / Сараев Ю.Н. ц/ Издательство «Наука». Ответственный редактор А.С. Зубченко. Новосибирск, 1994. — 107 с.
3. Сараев Ю.Н. Адаптивные импульсно-дуговые методы механизированной сварки при строительстве магистральных трубопроводов / Сараев Ю.Н. // Сварочное производство. 2002. № 1. С. 4–7.
4. Лоос А.В. Источники питания для импульсных электротехнологических процессов / Лоос А.В., Лукутин А.В., Сараев Ю.Н. // Институт физики прочности и материаловедения СО РАН; Томский политехнический университет; Ответственный редактор Бекишев Р.Ф.. Томск, 1998. — 159 с.
5. Сараев Ю.Н. Управление переносом электродного металла при сварке в $CO_2$ с короткими замыканиями дугового промежутка (ОБЗОР) / Автоматическая сварка. 1988. № 12. С. 16–23.
6. Сараев Ю.Н. Перспективы модифицирования структуры композиций с защитными покрытиями путем легирования и высокоэнергетического воздействия / Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Оришич А.М., Ульяницкий В.Ю., Дураков В.Г., Дампилон Б.В. // Сварочное производство. — 2012. — № 12. — с. 10–13.
7. Сараев Ю.Н. и др. Поисковые исследования повышения надежности металлоконструкций ответственного назначения, работающих в условиях экстремальных нагрузок и низких климатических температур / Глава 5 в книге: Наукоемкие технологии в проектах РНФ. Сибирь / Под редакцией С.Г. Псахье и Ю.П. Шаркеева. — Томск: Издательство НТЛ, 2017. — 428 с. ISBN 978–5-89503–607–5. С. 134–202.
8. Сараев Ю.Н. Повышение надежности металлических конструкций при эксплуатации в условиях низких климатических температур посредством комплексного применения современных методов модифицирования зоны сварного соединения / Ю.Н. Сараев, В.П. Безбородов, С.В. Гладковский, Н.И. Голиков // Сварочное производство. — 2016. — № 9. — с. 3–9.
9. Сараев Ю.Н. Влияние энергетических параметров процесса сварки на структуру и свойства сварных соединений низколегированных сталей / Сараев Ю.Н., Безбородов В.П. // Сварочное производство. 2012. № 8. С. 3–5.
10. Сараев Ю.Н. Обоснование концепции повышения безопасности и живучести технических систем, эксплуатируемых в регионах Сибири и Крайнего Севера, на основе применения адаптивных импульсных технологий сварки // Тяжелое машиностроение. 2010. № 8. С. 14–19.
11. Сараев Ю.Н. Опыт разработки и практического применения адаптивных импульсно-дуговых методов сварки для строительства и ремонта магистральных трубопроводов // Вопросы материаловедения. — 2015. — № 1. — С. 210–219.
12. Сараев Ю.Н. Особенности формирования защитных коррозионностойких покрытий при импульсно-дуговой наплавке сталей аустенитного класса / Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Селиванов Ю.В. / Сварочное производство. 2009. № 4. С. 20–25.
13. Saraev, Y.N. Effect of Heat Input Pulse on the Structure and Properties of Welded Joints of Steels Ferritic-Pearlitic Class, Operating Under Low-Frequency Temperature-Force Loading / Saraev, Y.N.; Bezborodov, V.P.; Putilova, E.A. / IOP: 6th International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering. Nat. Res Tomsk Polytechnic Univ., Yurga Inst. Technol., Yurga, RUSSIA: MAY 21–23, 2015.
14. Saraev Yu N Improving Processes of Mechanized Pulsed Arc Welding of Low-Frequency Range Variation of Mode Parameters/Saraev Yu N, Solodskiy S A, Ulyanova O V // YIT-UPMME 2015 IOP Publishing. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 127 (2016) 012019 doi:10.1088/1757–899X/127/1/012019.
15. Saraev YN The Ways of Reliability Enhancement of Welded Metal Structures for Critical Applications in the Conditions of Low Climatic Temperatures / YN Saraev, VP Bezborodov, SV Gladkovsky, and NI Golikov // Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures 2016. AIP Conf. Proc. 1783, 020195–1–020195–4; doi: 10.1063/1.4966489. Published by AIP Publishing. 978–0-7354–1445–7. 020195–1.
16. Сараев Ю.Н. Исследование свойств сварных соединений марганцовистой стали, полученных низкочастотной импульсно-дуговой сваркой / Ю.Н. Сараев, В.П. Безбородов, С.В. Гладковский, Н.А. Голиков // Деформация и разрушение. — 2016. — № 1. — с. 36–41.
17. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Полетика И.М., Тютев А.В., Никонова И.В., Кирилова Н.В., Севастьянов С.П. Улучшение структуры и свойств сварных соединений труб большого диаметра из низколегированной стали при импульсно-дуговой сварке // Автоматическая сварка. — 2004. — № 12. — С. 34–38.
18. Сараев Ю.Н., Слепцов О.И., Безбородов В.П., Никонова И.В., Тютев А.В. Анализ усталостного разрушения, структура и свойства сварных соединений трубопроводов, эксплуатируемых в условиях Сибири и Крайнего Севера // Монтажные и специальные работы в строительстве. — 2005. — № 8. — С. 18–22.
19. Сараев Ю.Н. Влияние энергетических параметров режимов сварки на распределение остаточных напряжений в зоне неразъемного соединения / Сараев Ю.Н., Голиков Н.И., Сидоров М.М., Лунев А.Г., Перовская М.В. // Актуальные проблемы в машиностроении. Том 5. № 3–4. 2018. — с. 30–35.
20. Сараев Ю.Н. Исследование влияния энергетических параметров режима дуговой сварки покрытыми электродами на стабильность тепломассопереноса / Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Киселев А.С., Гордынец А.С., Нестерук Д.А., Хайдарова А.А., Чинахов Д.А., Семенчук В.М. // Сварочное производство. — 2018. — № 2. — с. 3–13.
21. Сараев Ю.Н. Методика исследований характеристик тепломассопереноса при дуговой сварке плавящимся электродом с видео регистрацией изображений в условиях лазерного когерентного излучения / Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Тригуб М.В., Перовская М.В. // Актуальные проблемы в машиностроении. — Том 5. № 1–2. 2018. — с. 20–25.

THE NEW VALUE FRONTIER

KYOCERA

МЕТАЛЛООБРАБОТКА • METALLOOBRABOTKA

14-18 мая 2018
**павильон 8,**
**зал 2, стенд А18**

# Режущие инструменты

**MFPN66**

**MagicDrill DRV**

**MFH Micro**
**высокоскоростные фрезы**

## Новые инструментальные решения для автопрома и аэрокосмоса

- Разработка инструментального материала, геометрии и покрытий, наиболее подходящих для деталей аэрокосмической промышленности
- Полный спектр инструментальных решений для различного типа применений в автомобилестроении
- Высокопроизводительные инструменты для обработки деталей и компонентов газовых и паровых турбин

**www.kyocera-unimerco.ru**

Гидравлика · Энергетика · Автопром · Восстановление · Специальный инструмент

# ВАКУУМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АКТИВНОЙ ПАЙКИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРПУСОВ

РАБОТЫ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ АКТИВНОЙ ПАЙКИ НАХОДЯТ РАЗВИТИЕ В НАПРАВЛЕНИИ СНИЖЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ РАБОТ. ОДНИМ ИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ, ТРЕБУЮЩИХ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЯВЛЯЕТСЯ ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО КОНТАКТА ЗА СЧЕТ РАСТВОРЕНИЯ МАТЕРИАЛА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ И ТИТАНОСОДЕРЖАЩЕГО АКТИВНОГО ПРИПОЯ.

## ВВЕДЕНИЕ

Технологии активной пайки металлокерамических корпусов (МКК) для электровакуумных приборов разработаны достаточно давно [1–2] и получили широкое распространение в отрасли электронного машиностроения. Однако, несмотря на продолжительную историю практического применения МКК и непрерывно ведущиеся научные исследования по подбору согласованных материалов по коэффициентам термического расширения и улучшению условий смачивания поверхности корундовой керамики активным припоем, например, на основе титансодержащих припоев, работы по оптимизации технологического цикла активной пайки не прекращаются [3].

Широко используемая активная пайка на основе металлизированной керамики хорошо освоена промышленностью, однако на сегодняшний день считается очень сложной, трудоемкой и дорогостоящей и, как следствие, низкотехнологичной [4].

Известен другой способ пайки МКК, который связан с применением активных припоев в виде лент, фольг или паст [5]. На российский рынок поставляются титаносодержащие припои (на основе Cu-Ag-Ti) зарубежных торговых марок, которые хорошо смачивают керамику. Однако сложность контроля за составом припоя в процессе цикла пайки, который протекает за короткое время, ведет к неконтролируемому образованию избыточных интерметаллических соединений и приводит к растрескиванию паяного шва. Припои, изготовленные в виде аморфных лент, плохо формуются и к тому же имеют высокую цену. Применение припоев в виде паст имеет конструктивные ограничения и требует дополнительных операций нанесения (печать, шелкография и т. д.).

Альтернативой вышеуказанным способам является метод пайки активными припоями, которые формируются в процессе растворения титана при контакте металлического кольца с расплавом припоя Ag-Cu. Расплав, легированный титаном (Ag-Cu-Ti), активно смачивает поверхность корундовой керамики. Однако данный метод не получил столь широкого распространения, как два предыдущих способа, несмотря на хорошие механические и вакуумные свойства титана и вакуумплотной керамики. Это связано с тем, что отсутствуют точные данные о влиянии концентрации титана на свойства припоя, вакуумных условий, температуры и времени процесса на физико-механические свойства МКК. Поэтому целью данной работы явилось выяснение эмпирических факторов, способствующих оптимизации технологии групповой активной пайки на промышленных прототипах МКК для вакуумных фотоэлектронных приборов (ФЭП) припоем, который формируется в процессе растворения титана в сплаве серебра с медью.

## ТЕХНИКА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Эксперименты по групповой активной пайке МКК на основе титаносодержащего припоя проводились в инновационной автоматической высоковакуумной промышленной электропечи модели СНВЭ-2.4.2/13-ИОП-НИТТИН, подробное описание ее конструкции дано в работе [6]. Запись параметров процесса в память контроллера происходит в автоматическом режиме. Вывод всей информации в виде цветных графиков и таблиц осуществляется цветным принтером через компьютер, подключаемый к электропечи. Данная электропечь с января 2018 года эксплуатируется на ОАО «НПО «Геофизика-НВ» Москва.

Исходные детали поступали на сборку в форме колец. Наружный диаметр керамических колец составлял 30,6 мм, внутренний диаметр 26,8 мм, толщина 1,2 и 3,0 мм. Металлическое кольцо по внутреннему и внешнему диаметру совпадало с керамическим кольцом, толщина составляла 0,3 мм.

Конструктивно МКК представляют собой набор соосно расположенных и чередующихся кольцевых деталей из керамики и колец из титанового сплава. Сборка скреплялась фиксатором. В качестве исходных материалов для создания МКК использовалась алюмооксидная керамика марки ВК–100–2 (далее по тексту — керамика) и сплав титана ВТ–1–0 (далее по тексту — титан), а также припой ПСр-72.

Исследования микроструктуры и элементного состава велись на шлифах уже готовых паяных соединений МКК. Микроструктура паяной зоны изучалась в растровом электронном микроскопе модели JCM-6000 фирмы JEOL (Япония). Элементный состав определялся с помощью микрорентгеноспектрального анализатора.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Один из температурных режимов активной пайки МКК в вакууме припоем ПСр-72 приведен на **рис. 1**.

На стадии подбора оптимальных технологических параметров процесса активной пайки было проведено 16 экспериментов. Во всех случаях наблюдалось хорошее смачивание поверхности металлического кольца из сплава ВТ–1–0 припоем ПСр-72 после его расплавления. В составе МКК имеется паяный шов двух титановых колец припоем ПСр-72. На **рис. 2**. показан этот паяный шов в увеличенном виде.

Между двумя поверхностями металлических колец (поз. 1, **рис. 2**) формируются две переходные зоны (поз. 2, **рис. 2**), обогащенные титаном с затвердевшей зоной сплавления посередине (поз. 3, **рис. 2**). Диффузионная зона между титаном и переходной зоной имеет толщину менее 1 мкм. Точно такая же переходная зона в месте

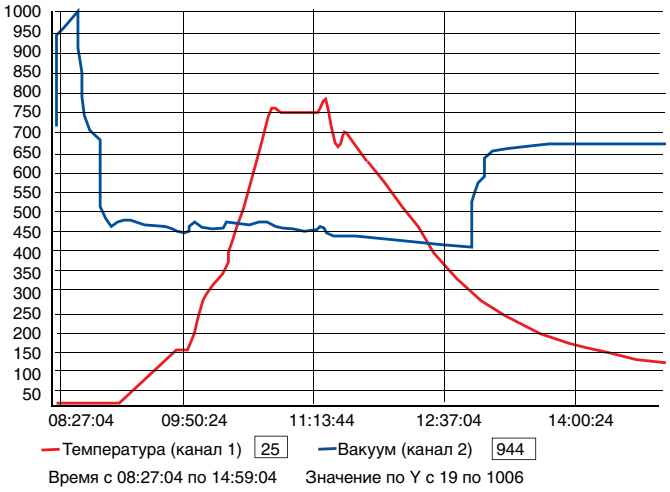



**Рис. 1. Температурный режим пайки металлокерамического корпуса в вакууме припоем ПСр-72 В (1 — изменение температуры во времени; 2 — изменение давления остаточных газов)**

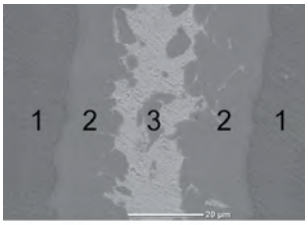



**Рис. 2. Пайка двух титановых колец. Титан является основным металлом. Слева направо: титан (1) — переходная зона (2) — зона сплавления (3) — переходная зона (2) — титан (1). Между титаном и переходной зоной выявляется по контрасту тонкая прослойка диффузионной зоны.**

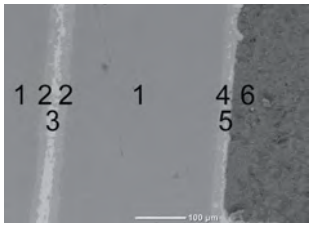



**Рис. 3. Пайка колец титана+титана и керамики. Титан является основным металлом. Слева направо: титан (1) — переходная зона (2) — зона сплавления между титановыми кольцами (3) — переходная зона (2) — титан (1) — переходная зона между тонкой диффузионной зоной титана и зоной сплавления, контактирующей с керамикой (4) — зона сплавления с керамикой (5) — керамика (6).**

контакта с титановым кольцом (поз. 1, **рис. 3**) наблюдается в случае пайки МКК (поз. 2, **рис. 3**).

Левая часть **рис. 3** соответствует пайке двух титановых колец (**рис. 2а**), правая часть (с позициями 4–6 переходной слой) соответствует пайке металла с керамикой.

Керамика хорошо смачивается активным припоем состава Ag-Cu-Ti только при достижении определенных концентраций титана в расплаве переходного слоя. Когда концентрация титана в расплаве ниже определенного уровня, титан начинает взаимодействовать с керамикой по границам зерен. Поэтому чем выше дисперсность структуры керамики, тем активнее титан из расплава взаимодействует с ней. Однако при достижении высоких концентраций титана в расплаве (порядка 30%) титан активно замещает кислород и алюминий из кристаллической решетки зерен керамики с образованием диффузионной зоны между переходным слоем и керамикой, обеспечивающей хорошую адгезию между керамикой и затвердевшим расплавом. Из-за небольшого увеличения на снимке практически не выявляется диффузионная зона между переходным слоем и керамикой.

На **рис. 4а** представлено распределение концентрации элементов по ширине переходного слоя. На **рис. 4б**: слева — титан, справа — керамика. Обращает на себя внимание сильное расслоение компонентов припоя ПСр-72 в присутствии титана в затвердевшем переходном слое (**рис. 4а**). Медь имеет большее химическое сродство к титану, чем серебро. Поэтому область расплава, контактирующая с титановым кольцом, обогащается медью. Такое же обогащение медью происходит около диффузионной зоны титанированной керамики. В сере-

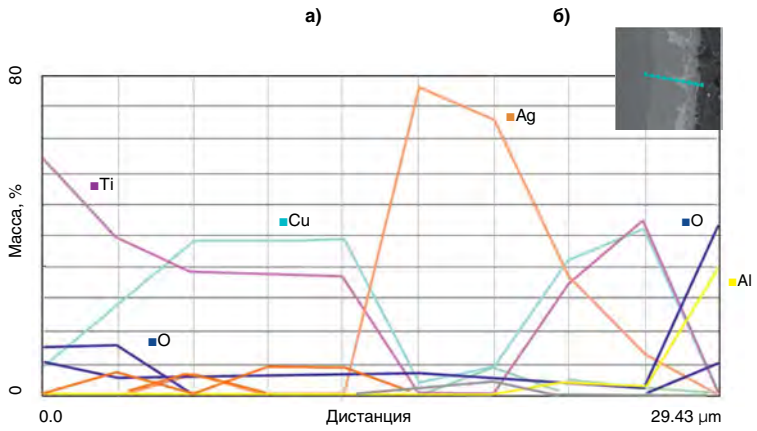



**Рис. 4. Распределение компонентов затвердевшего расплава в паяном шве. а) Шлиф соединения после затвердения расплавленной зоны. б) Слева — направо точками показаны места микрорентгеноспектрального анализа содержания компонентов в материале шва**

**Рис. 5. Внешний вид нового промышленного прототипа МКК, спаянного активной пайкой в вакууме в электропечи нового поколения**

дину паяного шва выдавливается серебро. Из керамики выделяется в заметных количествах кислород, замещаемый титаном в кристаллической решетке керамики. Кислород диффундирует через расплав от поверхности керамики к поверхности титанового кольца. Такое поведение кислорода обусловлено низкой химической активностью по отношению к серебру и меди в расплаве промежуточного слоя и высоким сродством к титану. Алюминий, который замещается титаном в кристаллической решетке керамики, связывается титаном на межфазной границе расплав–керамика. Таким образом, процесс реальной пайки во времени является необычайно сложным. Это является основной причиной трудностей по внешнему контролю за процессом пайки в горячем состоянии и обеспечению воспроизводимости от процесса к процессу. Поэтому резко возросли требования к техническому уровню вакуумной электропечи, которая должна обеспечивать высокую прецизионность при поддержании параметров воспроизводимого технологического цикла пайки.

## Заключение

Таким образом, в результате проведенных экспериментов путем подбора технологических параметров получены высококачественные МКК, соответствующие требованиям конструкторской документации по вакуумной плотности, термомеханической прочности, низкому уровню газовыделения, высокой чистоте поверхностей керамики и металла, геометрическим размерам (**рис. 5**). При этом плоскостность и параллельность МКК в готовой конструкции составила порядка 0,02 мм, что лучше МКК, полученных по альтернативной технологии.

Так как подбор оптимальных режимов активной пайки ведется чисто эмпирически для условий конкретного производства, то оказалось, что существенным фактором, обеспечивающим высокое качество МКК, является технологическое оборудование. Высокая воспроизводимость технологических режимов возможна только в автоматической вакуумной электропечи без вмешательства оператора, в первую очередь это относится к длительности процесса пайки. В связи с тем, что титан обладает сильными геттерными свойствами, необходимо обеспечить низкое давление остаточных газов, желательно не выше $1 \cdot 10^{-5}$ Па. Сильное влияние температуры на формирование паяного шва определяет величину однородности температурного поля в рабочем пространстве электропечи не хуже ±2°С, а точность поддержания температуры не более ±0,1°С. Должна быть сведена к минимуму тепловая инерция горячей зоны, чтобы обеспечить необходимую скорость охлаждения для затвердевания паяного шва после завершения процесса пайки.

Конструктивное исполнение вакуумных электропечей периодического действия особой роли не играет. Они могут быть камерными, шахтными, колпаковыми, элеваторными [7]. Однако в зависимости от конкретных условий активной пайки могут иметь место определенные предпочтения.

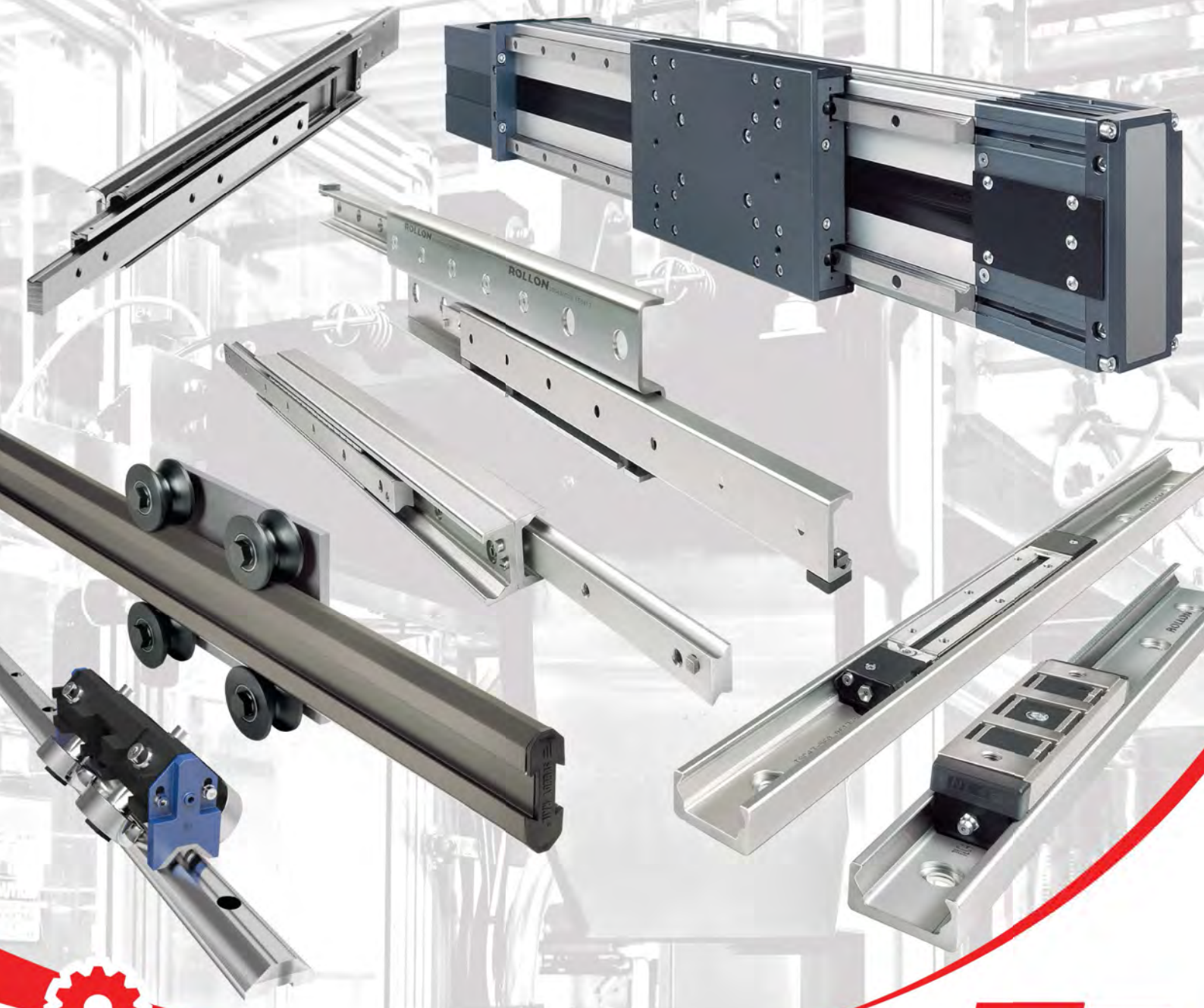
**В. М. Шулаев, Л. М. Балясный**
**ООО «НПП «НИТТИН»**
**Россия, Белгород, ул. Макаренко, 27**
**E-mail: nittin.ru@gmail.com**

**Литература**

1. Ерошев В. К. Металлокерамические вакуумноплотные конструкции. М.: Энергия, 1970. — 160 с.
2. Батыгин В. Н., Метелкин И. И., Решетников А. М Вакуумноплотная керамика и ее спаи с металлами / Под ред. Н. Д. Девяткова. М.: Энергия, 1973. — 408 с.
3. Костин А. М., Лабарткава Ал. В., Мартыненко В. А. Исследование процессов взаимодействия титансодержащих припоев с оксидной керамикой и коваром. Металлофизика и новейшие технологии. 2014. Т. 36. № 6. С. 815–824.
4. Справочник по пайке / Под. Ред. И. Е. Петрунина. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 480 с.
5. Majed Ali, Kevin M. Knowles, Phillip M. Mallinson & John A. Fernie. Evolution of the interfacial phases in $Al_2O_3$–Kovar® joints brazed using a Ag–Cu–Ti-based alloy. Philosophical Magazine. Vol. 97, 2017. Iss. 10. P. 718–742.
6. Антонович П. В. Инновационная высоковакуумная камерная электропечь сопротивления модели СНВЭ 2.4.2/13 ИОП-НИТТИН для электронной промышленности. Оборудование и инструмент для профессионалов. 2017. № 5. С. 72–74.
7. Антонович П. В. Вакуумные электропечи для высокотемпературной пайки изделий электронного машиностроения. Оборудование и инструмент для профессионалов. 2018. № 2. С. 72–73.

ROLLON®
LinearEvolution

# Всемирно известный поставщик систем линейного перемещения




Linear Line

Telescopic Line

Actuator Line

Actuator System Line

Rollon является всемирно известным поставщиком систем линейного перемещения для таких индустриальных направлений как, промышленное оборудование, ЖД-техника, автоматизация, упаковочное и складское оборудование, авиационное машиностроение.

МЕТАЛЛООБРАБОТКА
Москва, Россия
14-18 мая 2018 г.
2 Павильон, 2 зал, стенд E32

ROLLON S.p.A. - RUSSIA
117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 17, стр. 1
Phone: +7 (495) 508-10-70
www.rollon.ru - info@rollon.ru

# БОЛЬШЕ, ЧЕМ ПРОСТО ФРЕЗЕРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

В ПРЕДДВЕРИИ ВЫСТАВКИ «МЕТАЛЛООБРАБОТКА» ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР КОМПАНИИ «INGERSOLL РОССИЯ» АЛЕКСАНДР КОТОВ ДАЛ ЭКСКЛЮЗИВНОЕ ИНТЕРВЬЮ ЖУРНАЛУ «РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

**Иногда даты прихода продукции какой-либо компании и самой компании на рынок не совпадают. Как это было с компанией Ingersoll?**

Компания была основана в 1887 году и в 1889 получила первый патент на фрезерный инструмент. Впервые Ingersoll появился еще в СССР, когда наш инструмент в небольших количествах был поставлен ряду автозаводов, таких как «ГАЗ», «АВТОВАЗ», «КамАЗ», вместе с немецким оборудованием, но, к сожалению, без должного сервиса и технической поддержки широкого распространения не получил. Второе знакомство России с Ingersoll произошло в начале двухтысячных годов, когда несколько российских компаний, ставших впоследствии нашими дилерами, начали ввозить этот инструмент в Россию. А в 2013 году появилось официальное представительство «Ingersoll Россия», которое уже на системной основе, поставив во главу угла сервис и техническую поддержку, начало экспансию на российский рынок.

**Как выглядит динамика продаж инструмента Ingersoll на российском рынке за минувшие пять лет?**

С 2013 года поставки в Россию увеличились в геометрической прогрессии, то есть мы уверенно растем и развиваемся.

**Вы относите сервис и техническую поддержку инструмента Ingersoll к базисным принципам. В чем их суть?**

Обычно менеджер по продажам — это ключевая фигура в инструментальном бизнесе. Да, отчасти это так, однако сложный инновационный продукт требует не только коммуникации с клиентом, здесь необходимо доскональное знание всех технологических аспектов производства клиента. Именно поэтому мы исходим из того, что инструмент для металлообработки — это в первую очередь инженерный продукт, и все свои лучшие характеристики он раскрывает исключительно при грамотном подходе. Ядро нашей команды — это технологи, имеющие обширную практику и способные квалифицированно решить любую, зачастую нестандартную задачу.

**Как выглядит ваше взаимодействие с клиентом?**

Ingersoll — одна из немногих компаний, которая кроме инструмента общего назначения делает много специального инструмента под конкретные задачи клиента. Взаимодействие с клиентом начинается задолго до продажи. Мы помогаем клиенту разрабатывать техническое задание, взаимодействуя с нашими конструкторами в Германии. В результате рождается лучшее комплексное техническое решение. Также мы предлагаем постпродажное обслуживание, которое является отражением нашей философии: не просто продать инструмент, а предложить клиенту решение, которое «влюбит» его в наш продукт. После изготовления и поставки инструмента наши специалисты в условиях действующего производства клиента устанавливают необходимые параметры резания, дают рекомендации по схеме обработки и т. д. Наш принцип — «сделать лучше, чем ожидает клиент», поэтому зачастую мы открываем клиенту возможности и демонстрируем показатели эффективности инструмента, которых он и не ожидал.

**Как часто головная компания выпускает инновационные продукты и все ли они попадают на российский рынок?**

Инновационный фрезерный инструмент — изначальная миссия компании Ingersoll, и этим определяются лидерские позиции компании на рынке. Мы проводим семинары с обзорами новинок, рассказываем, где их применение будет наиболее эффективным, в каких областях инструмент Ingersoll будет на голову выше инструмента конкурентов. Примеров много: это и мировой авторитет в моторостроении, и уникальные решения для обработки зубчатых передач, и инновационная технология зуботочения POWER SKIVING, и фрезы серии MicroMill для чистовой обработки с достижением качества поверхности Ra 0,4 с исключением последующего шлифования… Эти и многие другие инновационные разработки заслужили признание российских потребителей.

**В каких отраслях работают ваши потребители?**

Нет ни одной отрасли промышленности, которая могла бы обойтись без нашего инструмента, поэтому за пять лет работы представительства на российском рынке число наших потребителей увеличилось многократно.

На европейском рынке практически вся автомобильная промышленность работает инструментом Ingersoll. Как пример, компания является основным поставщиком фрезерного инструмента для Volkswagen на заводах по всему миру. Европейское судостроение — Ingersoll, железнодорожное машиностроение — Ingersoll… Список можно продолжать долго.

**Как выглядят ваша программа-минимум и программа-максимум на ближайшую и более отдаленную перспективу?**

Мы занимаем прочные позиции на мировом рынке фрезерования, и, вне всяких сомнений, через два-три года займем достойное место и на российском рынке. Сегодня команда «Ingersoll Россия», а также наши региональные представители делают все, чтобы в ближайшем будущем Ingersoll обрел в нашей стране такую же известность и востребованность, как и за ее пределами.

**Зинаида Сацкая**

Member IMC Group Ingersoll Cutting Tools

**ООО «Ингерсолл»**
**Тел./факс: +7 (495) 745-27-50**
**+7 (495) 971-48-84**
**info@ingersoll-imc.ru**
**107023, Москва, ул. Большая Семеновская, д. 40, стр. 1**

МЕТАЛЛООБРАБОТКА • METALLOOBRABOTKA

# ПРОИЗВОДСТВО ОСЕВОГО МОНОЛИТНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА С ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ

с 14 по 18 мая

# 2018

**ПАВИЛЬОН 7, ЗАЛ 1,**
**СТЕНД 71D99**

## ПРОДУКЦИЯ, УСЛУГИ

**1. ОСЕВОЙ ТВЕРДОСПЛАВНЫЙ МОНОЛИТНЫЙ ИНСТРУМЕНТ:**

— ФРЕЗЫ КОНЦЕВЫЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДИАМЕТРОМ 3...32 ММ.
— СВЕРЛА ДИАМЕТРОМ 3...25 ММ, ГЛУБИНА ОБРАБОТКИ ДО 10D
— РАЗВЕРТКИ
— ЗЕНКЕРЫ
— МЕТЧИКИ

**2. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОСЕВОГО МОНОЛИТНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ЛЮБОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ.** ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВКЛЮЧАЕТ: ПЕРЕТОЧКУ, НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЯ.

**3. НАНЕСЕНИЕ МЕТОДОМ PVD РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ИЗНОСОСТОЙКИХ И УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ**, В Т. Ч. НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ, НА ИНСТРУМЕНТ И ИЗДЕЛИЯ ЗАКАЗЧИКА.

**4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ОСЕВОГО МОНОЛИТНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПОД ЗАДАЧИ КЛИЕНТА.**

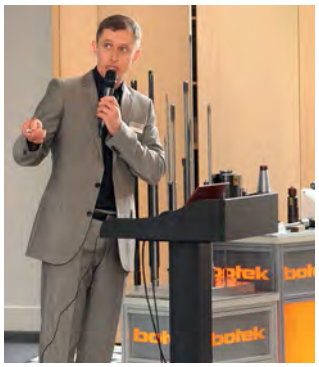
**МЫ ПОДБЕРЕМ МАТЕРИАЛ ЗАГОТОВКИ, ГЕОМЕТРИЮ, ТИП ПОКРЫТИЯ ИНСТРУМЕНТА СОГЛАСНО ОБРАБАТЫВАЕМОМУ МАТЕРИАЛУ, ВИДУ ОБРАБОТКИ И ОБОРУДОВАНИЮ В ОПТИМАЛЬНЫЕ ДЛЯ ЗАКАЗЧИКА СРОКИ.**

НИР

**152903, Россия, Ярославская область,**
**г. Рыбинск, ул. Авиационная, д. 1**
**тел. +7 (4855) 29-26-00**
**факс +7 (4855) 29-26-50**
**www.zao-nir.com**

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ ПО ГЛУБОКОМУ СВЕРЛЕНИЮ — МАКСИМАЛЬНО ШИРОКИЙ ОХВАТ УЗКОСПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕМЫ

18-19 апреля в Санкт-Петербурге состоялась уже 10-я конференция «Современные технологии глубокого сверления», ежегодно проводимая компанией **ООО «Трансет» (Россия)** и **«botek Präzisionsbohrtechnik GmbH» (Германия)**. В этом году данное мероприятие собрало 104 специалиста из 63 предприятий различных регионов России и промышленных отраслей. И неслучайно эта уже юбилейная конференция вызвала такой интерес среди потенциальных посетителей.



Вместе с докладами, освещающими конструктивные особенности инструмента и новинки в производственной программе компаний **«botek Präzisionsbohrtechnik GmbH»** (докладчики — А. Керн и Э. Биндер) и **«ECOROLL AG Werkzeugtechnik»** (докладчики — М. Торанд и И. В. Добрыднев) — постоянных участников конференции — также для слушателей провели презентации своих предприятий и технологических возможностей новые участники мероприятия. Особый интерес слушателей вызвало выступление А. Керна на тему «Изготовление соосных ступенчатых отверстий сложного профиля инструментом «botek» и М. Торанда на тему «Применение инструмента «Ecoroll» для обработки гидроцилиндров на токарных станках с ЧПУ».

Тематику инструмента расширила компания **«Cogsdill Nuneaton UK»** (докладчик — О. Шоберсбергер), специализирующаяся на выпуске ЧПУ — управляемых инструментальных систем для обработки торцов, конусов и отверстий (в т. ч. «бутылочного» и «бочкообразного» профиля) и инструментов для удаления заусенцев и проточки канавок. От производителей оборудования в этом году выступали представители одного из ведущих станкостроительных заводов в Германии — фирмы **«SAMAG Saalfelder Werkzeugmaschinen GmbH»** (докладчики — В. Шубоц и С. Аносов), которые осветили проблему оптимального комбинирования фрезерной обработки и операций глубокого сверления на одном станке. Завершающим штрихом к такому широкому охвату области глубокого сверления на конференции стала презентация фирмы **«FUCHS OIL»** — глобального производителя СОЖ для металлообработки, имеющего собственное производство в России, с освещением проблематики принципов подбора СОЖ для процесса глубокого сверления и эффективного мониторинга масляных и водосмешиваемых СОЖ (докладчик — О. Островский).

В рамках обмена практическим опытом по применению технологий глубокого сверления на своем предпри-

ятии был заслушан доклад от ООО «ОМЗ-Спецсталь» (докладчик — В. А. Федоров) по отбору проб после кольцевого сверления в заготовке вала ротора, по завершению которого слушатели включились в обсуждение особенностей представленного технологического процесса.

На протяжении всей конференции посетителям была предоставлена возможность ознакомления с образцами инструмента и продукции участников на импровизированной выставке.

Многие сотрудники предприятий приехали на конференцию с конкретными техническими вопросами и задачами, которые решались непосредственно со специалистами европейских производителей.

В целом конференция предоставляет максимальную возможность для получения новых знаний о процессе глубокого сверления, в поиске и установлении кооперационных связей между предприятиями, в обмене опытом между специалистами.

Организаторам конференции — фирмам «Трансет» и «botek» удалось органично совместить живое обсуждение остроактуальных технологических вопросов с непринужденным общением между слушателями и участниками конференции во время проведения культурной части мероприятия — посещения государственного музея-заповедника Павловск.

Компании «botek» и «Трансет» благодарят всех участников за проявленный интерес к конференции и приглашают к совместной работе и участию в 11-й ежегодной конференции в апреле 2019 г.

botek®

общество с ограниченной ответственностью
ТРАНСЕТ

**191167, г. Санкт-Петербург**
**ул. Атаманская, д. 1/5, лит. А**
**Тел./факс (812) 335-04-17**
**www.transetspb.ru**
**info@transetspb.ru**

botek

СИСТЕМЫ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ
ТВЕРДОСПЛАВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

МЫ БУДЕМ РАДЫ ВИДЕТЬ
ВАС НА ВЫСТАВКЕ
«МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2018»,
которая состоится с 14 по 18 мая 2018 г.
в ЦВК «Экспоцентр»
на нашем стенде 74В40,
расположенном в павильоне 7, зале 4

**Эксклюзивное**
**представительство в РФ:**

ООО «Трансет»
191167, г. Санкт-Петербург,
ул. Атаманская, д.1/5, лит. А
**Тел./факс:** (812) 335-04-17
**E-mail:** info@transetspb.ru
www.transetspb.ru

# КРИОГЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ — ГАРАНТИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНСТРУМЕНТА

ПРИМЕНЕНИЕ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЗВОЛЯЕТ ПОВЫСИТЬ ТВЕРДОСТЬ ИНСТРУМЕНТА НА 2,5 И 3,7 ЕДИНИЦ HRC СООТВЕТСТВЕННО ДЛЯ СТАЛИ 9ХС И Р6М5, А ТАКЖЕ УВЕЛИЧИТЬ АБРАЗИВНУЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ С PVD–ПОКРЫТИЕМ.

## ВВЕДЕНИЕ

Обработка металлов резанием и давлением является одним из самых распространенных способов формообразования деталей. Широкое распространение этих способов в промышленном производстве объясняется их универсальностью и возможностью достижения высокой степени точности и частоты обрабатываемых поверхностей. Дальнейшее развитие металлообработки связано с экономическими аспектами. Наибольшая прибыль может быть получена от применения производительных методов обработки, совершенного оборудования и инструмента.

Методы обработки значительно усовершенствовались за последние годы. Улучшились инструментальные материалы, увеличилась мощность и скорость станков, повысилось их управление. Разработано много новых процессов нанесения функциональных одно- и многослойных покрытий инструмента, что в комплексе с совершенным оборудованием ведет к снижению затрат на изготовление деталей.

Легированные инструментальные и быстрорежущие стали получили широкое применение при изготовлении инструмента сложной формы с большим отношением длины к диаметру, которые характеризуются повышенной износостойкостью и способностью сохранять мартенситную структуру и соответственно высокую твердость, прочность при нагреве режущей кромки до 250 и 600°С соответственно [1].

Значительно повысить ресурс, стойкость и режущие свойства инструмента из этих материалов можно технологическими способами за счет дополнительных операций: обработки в атмосфере сухого и перегретого пара; нанесением PVD-покрытий; криогенной обработки.

Обработка в атмосфере сухого и перегретого пара является простой, недорогой и безопасной операцией, способствующей повышению стойкости инструмента на 50–75%. В результате такой обработки на поверхности инструмента образуется окисная пленка толщиной 2–5 мкм. Эта пленка защищает инструмент от коррозии, а также удерживает смазку, понижает коэффициент трения и препятствует свариванию стружки с инструментом при резании. Кроме того, обработка паром устраняет недоотпуск, полученный при комплексной термообработке, и снимает шлифовочные напряжения в инструменте [2].

В производстве режущего инструмента из инструментальных сталей PVD-покрытия являются средством дополнительного повышения износостойкости за счет высокой твердости, низкого коэффициента трения, высокой химической устойчивости, повышения теплопроводности. Стойкость инструмента с PVD-покрытием повышается в 1,5–2 раза [3].

Одной из перспективных технологий преобразования остаточного аустенита в мартенсит и стабилизации поверхностной твердости является криогенная обработка (КО) стали [4, 5]. Она предусматривает охлаждение стали, прошедшей закалку, и однократный или многократный отпуск до температуры жидкого азота, выдержку при этой температуре, нагрев и последующий низкий отпуск. По такой схеме криогенная обработка используется как дополнительная упрочняющая обработка. В результате криогенного упрочнения повышается износостойкость за счет высокой и стабильной твердости, низкого коэффициента трения, повышения теплопроводности. Стойкость инструмента из инструментальной стали с криогенным упрочнением повышается в 1,2–2 раза.

Целью данной работы является оценка влияния дополнительной КО на абразивную износостойкость термически обработанных сталей 9ХС и Р6М5 с PVD-покрытием и на эффективность резания инструментом из термически обработанной стали Р6М5, дополнительно обработанной в атмосфере сухого и перегретого пара.

КО режущего металлообрабатывающего инструмента (сверла, фрезы, протяжки, плашки, метчики и т.п.) изменяет физико-механические свойства (твердость, прочность, ударную вязкость, пластичность, теплопроводность, удельную объемную теплоемкость и др.) инструментальных материалов. Поэтому при определении режимов резания для обработки инструментом с криогенным упрочнением необходимо вносить корректировки.

Скорость резания $V_p$ традиционно рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки. В общем виде скорость резания можно представить [5]:

$$V_p = V_{тб}\, k_v \qquad (1)$$

Вычисленная с использованием табличных данных скорость резания $V_{тб}$ учитывает «стандартные» условия резания (обработка стали 45, с $\sigma_в$ = 750 МПа, без корки, режущим инструментом из стали Р6 М5, удовлетворяющим требованиям ГОСТ и т.д.).

Реальные условия обработки существенно отличаются от «стандартных». Поэтому для получения значения скорости резания в реальных условиях (с использованием инструмента с криогенным упрочнением) нужно вводить поправочный коэффициент $k_v$, учитывающий их отличие от «стандартных» условий.

$$k_v = K_{мv}\, K_{пv}\, K_{ив}, \qquad (2)$$

где: $K_{мv}$ — коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала; $K_{пv}$ — коэффициент, учитывающий состояние поверхности обработки; $K_{ив}$ — коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала.

Для определения значения $K_{ив}$ инструмента из Р6М5, упрочненного криогенной обработкой, реализован производственный эксперимент, сущность которого заключается в определении оптимальной скорости резания при сверлении с позиции максимальной стойкости инструмента. При реализации эксперимента не допускалось поломки сверл. Использовалась механизированная подача инструмента, равная 0,14 мм/об. Обрабатывались глухие отверстия диаметром 5,7 мм, глубиной 18 мм с обильным

охлаждением пятипроцентным раствором эмульсола. В качестве обрабатываемого материала использовалась сталь 45 твердостью 207НВ с предварительно обработанной поверхностью (Rz40).

Для исследования использовались сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком средней серии по ГОСТ 10902–77, обработанные в атмосфере перегретого пара. Исследовался химический состав быстрорежущей стали (спектральный анализ), представленный в **табл. 1**.

**Таблица 1.**
**Результаты химического анализа материала сверл**

| Химический элемент | Проба №1 | Проба №2 | Среднее значение | Р6М5 состав по ГОСТ 19265-73 |
|---|---|---|---|---|
| C | 1,06 | 1,26 | 1,16 | 0,82 – 0,90 |
| Si | 0,445 | 0,425 | 0,435 | до 0,5 |
| Mn | 0,353 | 0,206 | 0,2955 | 0,2 – 0,5 |
| P | 0,0157 | 0,00553 | 0,0106 | до 0,03 |
| S | 0,00483 | 0,0108 | 0,00781 | до 0,025 |
| Cr | 3,85 | 3,27 | 3,56 | 3,8 – 4,3 |
| Mo | 4,33 | 4,10 | 4,215 | 4,8 – 5,3 |
| Co | 0,215 | 0,451 | 0,333 | до 0,5 |
| V | 1,52 | 1,81 | 1,665 | 1,7 – 2,1 |
| W | 6,56 | 8,23 | 7,395 | 5,5 – 5,6 |

Из данных **таблицы 1** видно, что реальный состав стали Р6М5 существенно отличается от стандартного по содержанию углерода, вольфрама, молибдена и хрома.

Измерялась твердость сверл до и после КО. Измерения проводились сериями из пяти измерений, по результатам измерений вычислялся разброс твердости. Средние значения твердости после КО возросли на 4 HRC. КО обеспечила и снижение разброса твердости с 5,5 до 3,5 HRC, что по этому информативному показателю указывает на некоторое «выравнивание» механических характеристик сверл в партии.

Криогенное упрочнение сверл проводилось в криогенной камере КП–0,33 с автоматизированной системой управления температурно-временными параметрами процесса. Процесс КО включал: медленное охлаждение до температуры жидкого азота, выдержку при криогенной температуре, постепенный возврат к комнатной температуре и снятие температурных напряжений низким отпуском. Конструкция криогенной камеры обеспечивает условия для «сухого» процесса упрочнения, т. е. исключается контакт жидкого азота с обрабатываемыми деталями, что исключает появление микротрещин.

При проведении промышленного эксперимента проводилась фиксация стойкости сверл по времени. Затем на каждом уровне определялась средняя стойкость инструмента. Эксперименты показали, что КО стабильно повышает стойкость инструмента на 12–22%.

Характерно, что лучшие показатели стойкости достигаются при меньших скоростях резания, когда износ сверла по главным режущим кромкам превалирует над износом по поперечной кромке сверла. Износ сверл, работающих при повышенных скоростях, напротив, развивается преимущественно по поперечной кромке инструмента и в этом случае имеет схожий характер с износом главных режущих кромок.

Дополнительно испытаны сверла с упрочнением и без него на скорости резания 22,37 м/мин без подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Результаты показали, что подача СОЖ повышает стойкость сверл без упрочнения в 8,3 раза, а криогенно упрочненных — в 6 раз. Увеличение стойкости сверл с криогенным упрочнением и без него при сверлении без СОЖ сохраняется и составляет 52%.

Износ сверл в условиях отсутствия подачи СОЖ на повышенных скоростях резания происходит преимущественно по главным режущим кромкам на максимальном радиусе сверла, вплоть до посинения главной режущей кромки сверла без КО. Главная режущая кромка сверла с криогенным воздействием имеет цвета побежалости при аналогичной величине износа. Из представленной качественной оценки износа сверл, работающих в условиях без подачи СОЖ, можно предположить, что теплопроводность материала сверл с криогенным упрочнением выше, чем быстрорежущей стали без КО.

Среднее количество обработанных отверстий сверлами с КО на 48 больше по сравнению с количеством отверстий, обработанных сверлами без криогенного воздействия. Наибольший прирост количества отверстий наблюдается на режимах с наименьшей производительностью сверления.

Оперировать критериями стойкости инструмента и количеством обработанных отверстий инструментом до переточки не всегда удобно. При оценке повышения производительности технологической операции в качестве критерия пользуются продуктивностью обработки. Полученные экспериментальные данные по продуктивности

КРИОГЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА -196°C

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КРИОГЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ**

**ООО «НПЦ «КриоТехРесурс»**
**426028, Удмуртская Республика**
**г. Ижевск, ул. Пойма, 3а**
**www.cryoteh.ru, info@cryoteh.ru**
**(3412) 33-44-55**

**Таблица 2.**
**Эффективность сверления отверстий быстрорежущим инструментом с КО и без упрочнения**

| № п/п | Скорость резания, м/мин | Объем срезанного металла $W_i$, мм³ | | Рост объема срезаемого металла, % |
|---|---|---|---|---|
| | | без упрочнения | КО | |
| 1 | 8,95 | 163536 | 200671 | 92 |
| 2 | 11,27 | 189244 | 221980 | 66 |
| 3 | 22,37 | 280653 | 314931 | 12 |
| 4 | 28,64 | 232806 | 266371 | 35 |

**Таблица 3.**
**Значения коэффициента $K_{ив}$ для различных инструментальных материалов**

| Обрабатываемый материал | Инструментальный материал | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Р6М5 | Р6М5* | ВК4 | ВК6 | 9ХС | 9ХС* | ХВГ | У12А |
| Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы | 1,0 | 1,23 | 2,5 | 2,7 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,5 |
| *Материал после КО | | | | | | | | |

сверления отверстий быстрорежущим инструментом при различных скоростях резания приведены в **таблице 2**.

В результате промышленного эксперимента проведено две серии опытов (**таблица 2**). Первая серия опытов при малых скоростях резания подтвердила наличие возрастающей ветви зависимости объема срезанного металла от скорости резания $W = f(V)$ (**рис. 1**). Вторая серия опытов подтвердила существование ниспадающей ветви зависимости скорости резания от стойкости инструмента $W = f(V)$.

Пересечение линий ниспадающей и возрастающей ветвей зависимости объема срезанного металла от скорости резания $W = f(V)$ дает оптимальное значение скорости резания по критерию максимальной производительности для инструмента с криогенным упрочнением и без него.

Зависимость эффективности сверления быстрорежущим инструментом с криогенным упрочнением и без упрочнения от скорости резания представлена на **рис. 1**. Максимальная эффективность сверления быстрорежущим инструментом без упрочнения составляет 293333 мм³ на скорости резания $V_p$ = 19,75 м/мин. Экстремум эффективности применения инструмента с КО равняется $W$ = 315000 мм³ при скорости резания $V_p$ = 20,7 м/мин.

Максимальную продуктивность (293333 мм³) сверления быстрорежущим инструментом без упрочнения можно обеспечить криогенно упрочненным инструментом с большей производительностью на скорости резания, примерно равной $V_p$ = 24,3 м/мин. Тогда производительность обработки быстрорежущими сверлами с КО превысит производительность обработки сверлами без криогенной обработки на 23%.

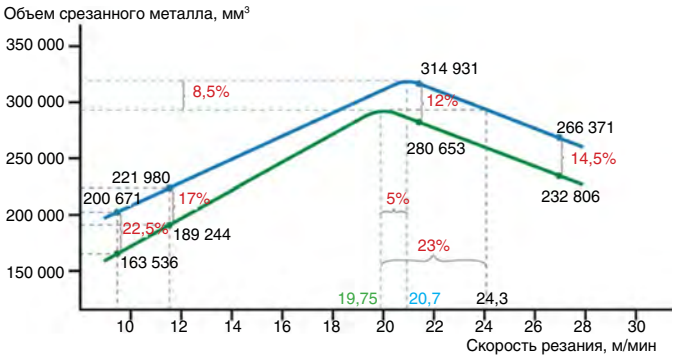



**Рис. 1. Зависимость эффективности сверления быстрорежущим инструментом с КО (1) и без упрочнения (2) при различных скоростях резания**

Аналогичный эксперимент проведен по обработке отверстий метчиками М6 из стали 9ХС в диапазоне скоростей резания от 6,0 до 20,0 м/мин. Максимальную эффективность нарезания, резьбы метчиком из легированной инструментальной стали без упрочнения можно обеспечить КО с большей производительностью на скорости резания примерно равной $V_p$ = 19,6 м/мин. В этом случае производительность метчиками с КО превысит производительность обработки инструментом из легированной стали без упрочнения на 33%.

Определение оптимальной скорости резания при сверлении и нарезании резьбы инструментом с КО с учетом максимальной стойкости инструмента из инструментальной стали без криогенного упрочнения и эквивалентной эффективности позволяет обратиться к определению поправочных коэффициентов.

Значения поправочного коэффициента $K_{ив}$, учитывающего влияние инструментального материала на скорость резания согласно зависимости (2) [6], могут быть дополнены для сталей 9ХС и Р6М5 с КО значениями, равными 0,8 и 1,23 (**таблица 3**).

Таким образом, реализованный промышленный эксперимент позволил оптимизировать скорость резания инструмента после криогенного упрочнения.

Отмеченные особенности работы инструмента с КО позволяют существенно повысить его эксплуатационные показатели, основными из которых являются следующие:

— увеличение периода стойкости и суммарного ресурса работы режущего инструмента;

— повышение производительности (скорости резания) и сокращения времени на механическую обработку заготовок;

— повышение точности размеров и качества поверхностного слоя обработанных деталей;

— сокращение затрат, приходящихся на режущий инструмент.

Из исследуемых инструментальных сталей изготавливают не только режущий инструмент, но и инструменты холодной обработки давлением (вытяжные штампы, высадочный инструмент). Утрата работоспособности такого инструмента происходит в результате малоцикловой усталости и потери размерной точности из-за износа.

Для изучения влияния КО на абразивную износостойкость сталей 9ХС и Р6М5 исследуемые образцы Ø 6 мм изнашивались по свежему следу на закрепленном абразиве по отработанной методике [7].

Основными параметрами испытаний являются: сила нагружения образца N = 4 Н; скорость перемещения

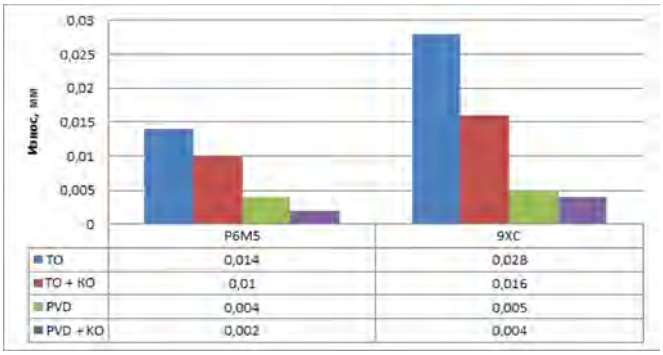



**Рис. 2. Распределение износа образцов сталей P6M5 и 9XC, обработанных по различным технологическим схемам, при зернистости абразива P400 (28…40 мкм)**

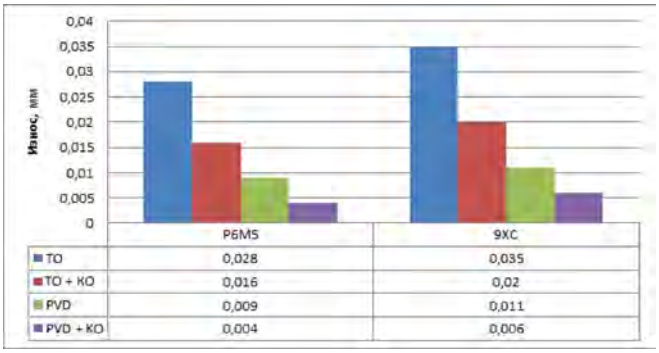



**Рис. 3. Распределение износа образцов сталей P6M5 и 9XC, обработанных по различным технологическим схемам, при зернистости абразива P240 (50…63 мкм)**

F = 500 мм/мин; путь трения L = 415 мм. Варьируемый параметр — зернистость абразива (электрокорунда) P400 и P240. Размерный (линейный) износ определялся с точностью 0,001 мм микрометром цифровым типа

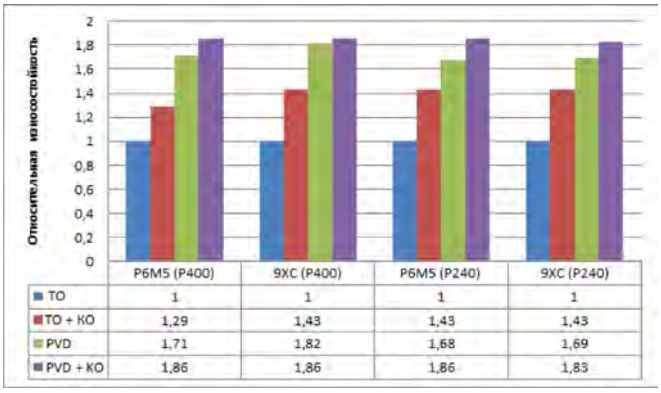



**Рис. 4. Относительная износостойкость образцов из сталей P6M5 и 9XC, обработанных по различным технологическим схемам**

МКЦ-25–0,001. Результаты испытаний на абразивный износ представлены на **рис. 2** и **3**.

Анализируя полученные результаты испытаний на износ в условиях более крупного (P240) и мелкого (P400) абразивного зерна, можно отметить, что относительная износостойкость термообработанного образца из стали P6M5 выше в 1,2–2 раза износостойкости термообработанного образца из стали 9XC. Стоимость инструментальной стали определенного сортамента P6M5 составляет 370 руб/кг, что более чем в 8 раз выше стоимости килограмма стали 9XC.

Сравнение износа образцов из сталей P6M5 и 9XC, обработанных по различным технологическим схемам, при испытании в условиях мелкого (P400) и более крупного (P240) абразивного зерна позволяет сопоставить эффективность тех или иных технологических решений (**рис. 4**).

Если принять за единицу относительную износостойкость термически обработанных образцов из сталей Р6М5 и 9ХС в исследуемом диапазоне зернистости абразива, то криогенная обработка повышает износостойкость инструментального материала в 1,29–1,43 раза. Такой прирост износостойкости в результате КО позволяет инструменту из стали 9ХС конкурировать с инструментом из более дорогой стали Р6М5 без криогенной обработки.

Нанесение PVD-покрытий обеспечивает повышение абразивной износостойкости исследуемых материалов в 1,68–1,82 раза по сравнению с термической обработкой и в 1,44–1,69 раза относительно КО в исследуемом диапазоне зернистости абразива.

Наибольший прирост абразивной износостойкости наблюдается при использовании технологической схемы упрочнения с наибольшей добавленной стоимостью — криогенной обработке изделий с PVD-покрытием. КО изделий с PVD-покрытием обеспечивает стабильный прирост абразивной износостойкости исследуемых материалов в 1,83–1,86 раза по сравнению с термической обработкой и в 1,2–1,56 раза по сравнению с PVD-покрытием в исследуемом диапазоне зернистости абразива.

Полученные результаты исследования влияния КО на абразивную износостойкость сталей Р6М5 и 9ХС показали однозначное повышение износостойкости в исследуемом диапазоне зернистости абразива, что также было установлено результатами эксплуатационных испытаний.

В частности, в условиях производственных испытаний по определению стойкости фрезы модульной 2510–2314 ГОСТ 16771 (материал — сталь Р6М5 с PVD-покрытием) после КО установлено двухкратное увеличение стойкости фрезы. Стоимость КО такой фрезы составила 500 руб. при стоимости инструмента — 19 500 руб.

Мониторинг ресурса упрочненных КО твердосплавных концевых фрез с PVD–покрытием диаметром от 6 до 16 мм на протяжении 6 месяцев, используемых для обработки деталей с поверхностной твердостью до 50 единиц HRC, показал увеличение стойкости от 25 до 30%. Стоимость КО таких фрез не превышает 6% стоимости фрезы.

КО инструмента с покрытием незначительно повышает его стоимость. Но при этом и повышается стойкость такого инновационного инструмента на 25–30% и более. Значительное повышение стойкости гарантирует повышение производительности изготовления деталей, наиболее полного использования установленной мощности и скорости обработки современного металлообрабатывающего оборудования. Прирост стойкости в процентном выражении значительно превосходит затраты на КО, что обеспечивает оптимизацию инструмента при резании и обработке давлением.

Дальнейшее снижение затрат на изготовление деталей и получение прибыли в металлообработке невозможно без применения инструмента, оптимизированного криогенным упрочнением.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований по оценке влияния дополнительной КО на абразивную износостойкость термически обработанных сталей 9ХС и Р6М5 с PVD-покрытием и на эффективность резания инструментом из термически обработанных сталей 9ХС и Р6М5, дополнительно обработанного в атмосфере сухого и перегретого пара, можно сделать следующие выводы:

— КО инструмента из стали Р6М5 является эффективным способом повышения следующих характеристик: стойкости от 12 до 22%, продуктивности с 12 до 92% и производительности резания на 23% по сравнению с инструментом, дополнительно обработанным в атмосфере сухого и перегретого пара;

— производительность резания инструмента из стали 9ХС с КО превосходит производительность обработки инструментом из легированной стали без упрочнения на 33%;

— прирост стойкости сверл из стали Р6М5 при работе без подачи СОЖ с криогенным упрочнением установлен на уровне 52%;

— КО сталей 9ХС и Р6М5 обеспечивает повышение абразивной износостойкости в 1,29–1,43 раза в исследуемой области размера абразива (Р400 — Р240) по сравнению с термообработкой;

— абразивная износостойкость образцов из сталей 9ХС и Р6М5 с наибольшей добавленной стоимостью, с PVD-покрытием и дополнительной криогенной обработкой (PVD+КО) выше в 1,83–1,86 раза в исследуемой области размера абразива (Р400 — Р240) по сравнению с термически обработанными образцами и в 1,2–1,56 раза выше по сравнению с PVD-покрытием;

— в результате эксплуатационных испытаний модульных фрез из стали Р6М5 с PVD-покрытием и дополнительной КО установлено увеличение ресурса работы фрезы в 2 раза;

— прирост стойкости упрочненного инструмента в процентном выражении значительно превосходит затраты на КО, что гарантирует оптимизацию инструмента при резании и обработке давлением.

**Николай Анатольевич Кокорин**
**к.т.н., доцент, директор по науке и развитию**
**ООО «НПЦ «КриоТехРесурс», г. Ижевск**
**e-mail: info@cryoteh.ru**

**Литература**

1. Гуляев А.П., Малинина К.А., Саверина С.М. Инструментальные стали. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 272 с.
2. Гладкова Е.Н. Теоретические основы и технология паротермического оксидирования. Саратов: СГУ, 1973. — 103 с.
3. Гугля А.Г., Неклюдов И.М. Покрытия на базе нитрида хрома. Опыт создания и исследования // Успехи физики металлов. 2005. Т. 6. с. 1001–1055.
4. Кокорин Н.А., Тарасов В.В., Трифонов И.С. Криогенное упрочнение промышленных ножей из стали 9ХС для повышения их износостойкости // Химическая физика и мезоскопия. 2016. Т. 18. № 2. С. 257–264.
5. Кокорин Н.А. Термическая обработка при криогенных температурах // РИТМ машиностроения. 2018. № 2. С. 24-28.
6. Расчет режимов резания. Учебное пособие / Безъязычный В.Ф., Аверьянов И.Н., Кондюков А.В. Рыбинск: РГАТА, 2009. — 185 с.
7. Тарасов В.В., Данилов И.А., Кокорин Н.А., Кондратенков М.С., Трифонов И.С. Исследование абразивной износостойкости серого чугуна с криогенным упрочнением // В сб.: Механика и физико-химия гетерогенных сред, наносистем и новых материалов. Ижевск: Изд-во ИМ УрО РАН, 2015. С. 190–198.

# KenTIP™ FS

## Модульные сверла с производительностью цельных твердосплавных

МЕТАЛЛООБРАБОТКА • METALLOOBRABOTKA

**ПОСЕТИТЕ НАС НА ВЫСТАВКЕ МЕТАЛЛООБРАБОТКА 2018**

Зал 7.3, стенд С10

Вместительные, ультраполированные канавки гарантируют быстрый и беспрепятственный вывод стружки. Для большей производительности и стойкости.

Универсальные. До 12xD.
Для стали, нержавеющей стали и чугуна.

Точность. Охлаждение там, где нужно: каналы для СОЖ в сменной головке распределяют жидкость на переднюю и заднюю поверхность режущей кромки.

Твердый сплав там, где нужно: сменная головка формирует всю вершину сверла. Это обеспечивает надежную защиту гнезда и корпуса.

**ООО «Кеннаметал»,**
119334, Москва, ул.Вавилова, дом 5, корп.3, офис 214
Тел. (495) 411-53-86 ; (495) 411-53-87
E-mail: moscow.information@kennametal.com

Более подробную информацию о KenTIP™ FS вы найдёте на **kennametal.com/ru/featured/KENTIPFS.html**

KMT | 18001 © 2018 Kennametal Inc. | All rights reserved. | A-18-05705

# РАЗБРОС СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТОЙКОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА, А ЗНАЧИТ, И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕГО КАЧЕСТВА, — ОСНОВОПОЛАГАЮЩАЯ ЗАДАЧА В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ. ЕЕ РЕШЕНИЕ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ИСПОЛНЕНИИ КОМПЛЕКСА ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕР И ВНЕДРЕНИИ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Инструмент ведущих иностранных фирм, отличаясь высоким качеством, широкой областью применения, несмотря на высокую стоимость, на нашем рынке практически вытеснил отечественный инструмент. Создались новые условия существования на своем рынке: нужно, чтобы твоя продукция была качеством не ниже продукции лучших мировых фирм, а цены на нее должны быть ниже мировых цен и доступны потребителю.

В области производства твердосплавного инструмента решить проблему импортозамещения инструмента одному частнику не под силу, т. к. она связана со значительными вложениями в науку. Это государственная проблема. Ведь при покупке импортного инструмента, стоимость которого порой в десятки раз выше отечественного, завышается стоимость госзаказов в машиностроении и уничтожается твердосплавная промышленность.

## СТОЙКОСТЬ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА

Разброс стойкости — это разница во времени износа инструмента из одной партии (например, 10 штук) при чистовой, получистовой или черновой обработке. Практически это показатель качества инструмента: чем больше разброс стойкости, тем хуже его качество и непредсказуема его работа. Разброс стойкости твердосплавного инструмента ведущих иностранных фирм находится в пределах 2–3 минут, у отечественных — почти в 10 раз больше, поэтому отечественный твердосплавный инструмент не рекомендуется использовать в автоматизированном производстве машиностроения.

В машиностроении на станках с ЧПУ без участия оператора предъявляются повышенные требования к однородности режущих свойств твердосплавных пластин, их высокой износостойкости и прочности. Кроме режимов резания в управляющую программу ЧПУ закладывается время замены режущего инструмента. Практикой мировых производителей учитываются и случайные выходы из строя инструмента, поэтому в техпроцессе обработки резанием используется 70–80% ресурса режущего инструмента. Прогноз износа режущего инструмента — актуальнейшая задача при обработке на автоматизированном оборудовании. Непредсказуемый износ или поломка инструмента приводит к браку продукции. Стоимость этого брака особенно высока при обработке высоколегированных труднообрабатываемых материалов, при изготовлении трудоемких крупногабаритных изделий.

В этой статье автор представляет свой взгляд на причины разброса стойкости отечественного твердосплавного инструмента в последовательности от изготовления порошка до спекания. Их много: пористость, графитовые включения, карбидная неоднородность (в микрошлифах — зерна сосредоточены в кучках), наличие крупных несоразмерных зерен карбидов в общей структуре, неравномерное распределение связки и др. Возможно, поэтому шведская фирма Sandvik Coromant через год после приобретения акций МКТС отказалась от использования российских твердосплавных порошков завода.

А все-таки почему немецкий, австрийский, шведский, американский и японский твердосплавный инструмент имеет стабильно высокое качество изделий независимо от фирм-производителей? В истории твердого сплава начиная с Германии производство твердосплавных порошков строго отделено от производства готового инструмента. Получается два хозяина, и каждый заинтересован в прибыли за счет уникального качества своей продукции, повышенного спроса у потребителей, разработки и использования новых технологий, которые находятся под постоянным контролем научных центров этих производителей, изучающих запросы потребителей. В этих центрах работают высококвалифицированные ученые совместно с опытными технологами, мимо них не проходят ноу-хау отрасли. Фирмы — производители твердосплавных смесей решают технологические проблемы дисперсности зерен карбидов (крупнозернистые, нормально зернистые, субмикронные, ультратонкие, нанофазные), однородности металлической связки, эффективности соотношений карбидов различных металлов в составе смесей, влияния легирующих добавок в связках на температуру и скорость резания. Готовые смеси под фирменной маркой продаются по контрактам малым и крупным производителям различного инструмента, специализирующимся на своем конкретном виде (твердосплавные режущие вставки, цельные твердосплавные фрезы, сверла, развертки, резьбовые пластины и т. п.), поэтому качество твердых сплавов у них примерно одинаковое. Научные центры производителей готового инструмента решают свои задачи: конструкция инструмента, включая стружколомание при точении различных материалов, гранулирование смесей, новые технологии прессования и спекания с целью повышения скоростей резания при обработке изделий потребителя и т. д. У этих фирм действуют только стандарты ISO на форму и размеры пластин, своей фирменной продукции они присваивают фирменные марки, которые защищены патентами.

Карбид вольфрама — основной режущий элемент в составе твердого сплава. Получают его методом синтеза при высоких температурах, смешивая первоначально в строгой пропорции порошки вольфрама и ламповой сажи, засыпая затем в графитовые контейнеры с утрамбовкой и помещая в печь. Мелкозернистые порошки вольфрама выдерживают при температуре 1450–1600°С, крупнозернистые — свыше 2000°С в печи от одного до двух часов. Синтез WC происходит за счет углерода, содержащегося в парах ацетилена, который образуется в печи при температуре приблизительно 1300°С. Полученные слегка спекшиеся блоки WC измельчают в шаровых мельницах и просеивают через сита.

Отечественные твердые сплавы с индексом «М» (мелкозернистые — 1,5 мкм) и «ОМ» (особомелкозернистые — 1,0 мкм) промышленность практически перестала выпускать. За рубежом они относятся к нормально зернистым, а распространенные там субмикронные, ультратонкие и нанофазные твердые сплавы у нас вообще не производились. Основной объем твердосплавного инструмента фирм Kennametal — Hertel — Widia (США), Sandvik Coromant (Швеция), Sumitomo, Mitsubishi (Япония) изготавливается из субмикронных твердых сплавов. Из ультратонких и нанофазных твердых сплавов фирмы Kennametal — Hertel (США) и Sumitomo (Япония) изготавливают цельнотвердосплавный концевой инструмент для обработки труднообрабатываемых материалов в оборонной промышленности, в том числе сверла диаметром от 0,1 мм для печатных плат. Субмикронные и ультратонкие сплавы получаются при традиционном жидкофазном спекании с последующим размолом и просеиванием, а нанофазные — в специальных установках синтеза материалов.

А теперь попробуем рассмотреть пласт проблем, ведущих к отсталости производства твердосплавного инструмента.

## ПОРОШКИ

Причины разброса стойкости инструмента начнем искать с порошков.

Во-первых, известно, что предел прочности при изгибе и ударная вязкость твердосплавных изделий не столько зависит от твердости, сколько от величины карбидных зерен вольфрама и от пропорции содержания в сплаве металлической связки кобальта. В микроструктуре субмикронных и мельче сплавов наблюдается высокая однородность карбидных зерен. Неоднородность (скопление крупных карбидных зерен в микроструктуре) ведущими зарубежными фирмами вообще не допускается и является браком продукции. Чем мельче зерна и чем равномернее они распределены в структуре сплава, тем лучше режущие свойства и выше износостойкость. Связка (на Западе — в пределах 7%) распределяется по объему в виде тонких прожилок толщиной не более 1 мкм. С уменьшением количества связки уменьшается интенсивность адгезии (микросварка частиц обрабатываемого и инструментального материалов в зоне резания), происходит равномерный износ твердосплавного инструмента. С ростом содержания кобальта усиливается отрицательное влияние углерода, т. е. ухудшаются свойства сплава. Особо мелкие структуры рекомендованы для чистовых и получистовых операций резания на высоких скоростях, крупнозернистые с повышенным содержанием связки — для черновых операций с ударными динамическими нагрузками. Таким образом, освоение отечественной инструментальной промышленностью субмикронных, ультратонких и нанофазных структур, гарантирующих качество твердых сплавов — одно из главных условий выхода на российский рынок.

В **таблице 1** показаны результаты исследований механических свойств твердых сплавов. На основании полученных данных видно, что с увеличением содержания кобальта твердость у всех классов твердых сплавов падает, а прочность на изгиб — возрастает. Нетрудно заметить, что предел прочности на изгиб тем выше, чем мельче карбидное зерно.

Второй выявленной причиной не сравнимого с западным разброса стойкости отечественного твердого сплава является относительно высокая пористость и содержание графитовых включений. Углерод присутствует в атмосфере печи, в засыпке, на зернах после карбидизации, при разложении пластификатора в печи после грануляции, то есть на всем технологическом пути производства твердосплавных порошков. При спекании с избыточным содержанием углерода в сплаве образуется свободный углерод в виде графита. В микроструктуре он наблюдается в форме черных чешуек, либо равномерно распределенных по рассматриваемой площади, либо сгруппированных на отдельных участках. Официально графитовые включения и пористость снижают механическую прочность изделия, но не только. Отечественные госты бессильны в борьбе с этим недостатком, поэтому допускают эти суммарные дефекты до 0,1% площади сечения, на практике, как правило, они больше. Необходимо искать пути к их исключению, например, замена водородных трехзонных печей при спекании на вакуумное компрессионное оборудование способствовала бы уменьшению этого дефекта и чуть-чуть повысила качество твердого сплава, но до ведущих зарубежных фирм еще далеко. Имеются случаи обезуглероживания — образование двойного карбида вольфрама и кобальта (тета-фаза), при котором содержание углерода снижается до 2 раз. Этот брак влияет на прочность и твердость сплава.

Третья причина большого разброса стойкости отечественного инструмента — это прекращение научных работ, проводившихся во ВНИИТС в советское время, по легированию твердых сплавов. Развитие твердосплавного инструмента идет в сторону повышения экономичности механической обработки, создаются сплавы для высоких скоростей резания, которые должны сохранять режущие свойства при высоких температурах в зоне резания. Качество наших твердосплавных пластин не позволяет использовать в машиностроении оптимальные режимы резания в области высоких скоростей.

Большинство импортных субмикронных марок сплавов кроме карбидных зерен вольфрама содержат легирующие карбиды хрома или ванадия, которые в процес-

**Таблица 1. Зависимость твердости и прочности твердых сплавов от размера карбидного зерна**

| Классификация по размерам зерна | Содержание кобальта в % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| | Твердость, HB 30 | | | | Предел прочности на изгиб, МПа | | | |
| Ультратонкое (0,3–0,4 мкм) | 2100 | 1750 | 1600 | 1400 | 3800 | 4100 | 4200 | – |
| Субмикронное (0,5–0,8 мкм) | 1800 | 1600 | 1400 | 1250 | 3500 | 3800 | 3900 | – |
| Мелкое (1 мкм) | 1500 | 1400 | 1200 | 1100 | 2200 | 2750 | 3200 | 3400 |
| Крупное (4–5 мкм) | 1400 | 1200 | 1100 | 900 | 2750 | 3000 | 3200 | 3200 |

**Таблица 2. Примеры субмикронных твердых сплавов иностранных фирм с легирующими карбидами (HRA — твердость по Роквеллу; МПа — предел прочности на изгиб)**

| Фирма | Марка сплава | Состав карбидов, % | | HRA | МПа |
|---|---|---|---|---|---|
| | | WC | Легирующие | | |
| Kennametal (США) | K313<br>K314 | 93,5<br>89,7 | 0,5<br>0,3 | 93,0<br>92,0 | 3000<br>3100 |
| Sandvik Coromant (Швеция) | 8UF<br>HB10F | 91,2<br>89,6 | 0,8<br>0,4 | 94,0<br>81,52 | 3450<br>2167 |
| Bohlent GmbH (Австрия) | H10F<br>HB20F<br>HB30F | 94,0<br>92,5<br>90,0 | | 90,24<br>86,23<br>81,6 | 3300<br>3500<br>3700 |
| Hertel – Kennametal (США) | K10<br>KMF | 91,5<br>90,2 | 2,5<br>0,8 | 83,72<br>90,5 | 2850<br>– |
| Sumitomo Electric (Япония) | F0<br>F1 | 94,0<br>90,0 | 1,0<br>1,5 | 94,5<br>93,0 | 1600<br>2000 |
| Mitsubishi | HTiO | 94,0 | – | 92,0 | 1950 |

се спекания изделий из твердых сплавов препятствуют росту зерна основного карбида. Отмечается тенденция замены карбида тантала TaC в трех карбидных твердых сплавах более эффективным карбидом гафния HfC, показавшем повышение износостойкости инструмента при точении до 40%.

В **таблице 2** показано процентное содержание легирующих карбидов в иностранных марках твердых сплавов, стабилизирующих размер карбидного зерна. Из истории известно, что в 1983 году ВНИИТС разработал и впервые внедрил в промышленность сплавы ВК10ХОМ и ВК15ХОМ с легирующими карбидами хрома. В специальном бюллетене ВНИИТС информировалось, что зерна хрома в определенных условиях измельчают зерна карбида вольфрама до величины 1 мкм. В **таблице 2** видно, что русское изобретение используют многие фирмы за рубежом, но только не у нас. Сегодня за рубежом ведутся исследования с добавками в состав твердых сплавов карбида ниобия NbC и карбида ванадия VC.

Сенсацию в конце 80-х годов вызвали производственные испытания твердого сплава ВРК15, производственники реально увидели повышение стойкости на нержавейке, возможности повышения производительности и своей зарплаты. Это были результаты легирования кобальтовой связки рением, которые на практике показали повышение у пластин прочности на изгиб, теплостойкости и износостойкости сплава, предотвращение формирования хрупкой фазы. У связки Co — Re появление жидкой фазы на 100–300°C выше, а твердость на 200–300 HV больше. Параллельно проводились исследования инструмента, в связку которого был введен рутений Ru: введение 0,4% рутения по массе в твердый сплав ВК6 показало увеличение прочности при изгибе на 16% при сохранении твердости. Получился хороший инструмент для черновой обработки заготовок из труднообрабатываемых сталей и сплавов. Широкое применение легирующих связку редкоземельных элементов рения и рутения сдерживается их дефицитом и, соответственно, стоимостью. Однако в исключительных случаях и экономически это будет оправдано, они могут быть использованы при изготовлении инструмента для механической обработки сплавов с содержанием никеля более 30% или титановых сплавов (материалы V, VI, VII групп обрабатываемости по классификации труднообрабатываемых материалов [1]). Ведущие фирмы ищут замену рутению и рению в связках, допускающих работоспособность твердого сплава в зоне резания до 1200°C, испытываются добавки в связку никеля, молибдена и железа.

Известно, что увеличение скорости резания пропорционально связано с увеличением температуры в месте контакта обрабатываемый материал — инструмент (трибосистема). В диапазоне температур 600–800°C в месте контакта происходит адгезионный износ инструмента, при дальнейшем увеличении температуры диффузионный износ, ниже этих температур — образуются наросты на передней кромке резца. Физически это процесс преобразования внешней механической энергии во внутреннюю в виде колебательных и волновых движений частиц трибосистемы. Каждой паре трибосистемы соответствуют свои оптимальные режимы резания [2]. Новые составы и технологии направлены на преодоление этого явления, нацелены на рост производительности и на снижение стоимости операций механической обработки.

Заключительным этапом узких мест в производстве порошков является их гранулирование перед прессованием изделия. Полученные порошки особомелкозернистых карбидов в строгой пропорции со связкой перемешивают в шаровой мельнице в пределах 2–3 суток для нормальной зернистости и 4–5 суток — при более тонких карбидах до получения однородной смеси в пределах микрообъемов. Режимы размола (скорость, тип установки, время) подбираются на производстве опытным путем для каждой марки твердого сплава. Этот очень ответственный процесс доверяют только высококвалифицированным специалистам с большим опытом, т. к. в нем отсутствуют регламентирующие методы контроля и нормы свойств, гарантирующих качество продукции. Размол бывает сухой и мокрый. Наиболее эффективным считается мокрый размол, т. к. жидкость обволакивает частицы, защищая их от окисления, и способствует распространению трещин излома в микрозернах карбидов под динамическими ударами твердосплавных шаров в мельнице. В качестве жидкости применяют химически нейтральные спирты (метиловый или этиловый), бензин, ацетон. (С точки зрения техники безопасности рекомендован этиловый спирт.) После размола смесь просушивается, но она еще не пригодна к прессованию — такие прессовки осыпаются, плохо транспортируются. Поэтому за этим предусматривается операция введения в смесь пластификатора с последующим гранулированием. В качестве пластификатора у нас по традиции используют раствор синтетического каучука (4–8%) в бензине (15% по объему). Полученную смесь механически перемешивают в специальных смесителях порциями до 50 кг в течение 15–20 минут, просушивают при температуре 70–90°C (постоянно перемешивая) до получения порошкообразного состояния (не допускается пересушка), затем перетирают через сито с заданными отверстиями.

Основным недостатком каучука в качестве пластификатора является образование при спекании зольного остатка и повышенное содержание свободного углерода в сплаве — одной из главных причин разброса стойкости при эксплуатации режущего инструмента. В зарубежной литературе мелькает информация об использовании в качестве пластификатора раствора парафина в четыреххлористом углероде. Парафин смешивают с твердосплавным порошком в состоянии расплава по специальной технологии с использованием специального оборудования. В нашей литературе предлагалось усовершенствовать эту операцию путем распыления через форсунку на твердосплавную смесь разогретых до жидкого состояния парафинов парафинового раствора. Предполагая, что во время полета парафиновые частицы охлаждаются, растворитель испаряется, в результате порошок формируется в гранулы. Надо создавать устройство, испытывать, если получится — внедрять! Были и другие предложения использования парафина в качестве пластификатора, например, добавление чистого парафина непосредственно в мельницу во время размола или приготовления смеси. Основными проблемами приготовления порошка к прессованию остаются отсутствие отработанных норм состава порошков и пластификатора, времени операций для каждой марки сплава, большая доля ручного высококвалифицированного труда.

## ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ

Теперь перейдем ко второй части — непосредственному изготовлению твердосплавных изделий. В массовом производстве формование изделий производится на пресс-автоматах, которые сочетают в себе систему загрузки гранулированного порошка, прессование и извлечение готовых прессовок из пресс-формы. Однако наряду с видимыми со стороны преимуществами одноосного прессования имеются глубокие существенные недостатки. В научном издании Г.П. Злобина [3] доказано, что в направлении прессования получается различная плотность прессовки. В результате потерь давления на преодоление внешнего трения и трения между частицами получаем неравномерность плотности по вертикали прессования. Наиболее плотный слой твердосплавного порошка находится около поверхности в области пуансона, так как в горизонтальной плоскости боковое давление на стенки матрицы всегда меньше, чем в месте контакта пуансона с прессовкой. Это является одной из главных причин появления пор в изделии после спекания.

И опять ценность этой научной работы не дошла до наших организаторов отечественной промышленности. Первыми поняла и внедрила у себя эту работу фирма Kennametal (США) которая после операции прессования формы твердосплавных пластин ввела дополнительную операцию горячего изостатического прессования (ГИП). Особенностью этой дополнительной операции является то, что недостатки одноосного прессования устраняются за счет равномерного распределения давления снаружи по всем поверхностям прессовки в условиях вакуума внутри эластичной герметичной упаковки. Эту технологию быстро подхватили ведущие фирмы Германии и Японии, где благодаря ГИП при температурах до 1400°С достигается на практике плотность прессовок в 1,5 раза выше с практическим исключением пор и расслоек. Используют здесь и гидростатическое прессование. Швеция и США организовали выпуск специального оборудования ГИП. Метод ГИП, разумеется, подлежит совершенствованию в направлении роста производительности и создания экономичных эластичных оболочек. Однако требования рынка к качеству инструмента постоянно растут, не стоит на месте и технология производства.

## ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Что мы имеем в России? В **табл. 3** представлена информация об основных отечественных заводах, производящих твердосплавные изделия из отечественного сырья. В столбце «Ориентировочная мощность» этой таблицы приведены цифры возможного выпуска твердосплавной продукции в тоннах за год (мощность позволяет) при условии удовлетворения требованиям отечественного рынка по качеству. Если верить статье ген. директора КЗТС, в прошлом году импортозависимость твердосплавной продукции в отечестве составляет 90%, т.е на практике реализуется только 10% наших возможностей. Это сказал человек, которому экономика твердых сплавов передалась с генами.

В последние годы опубликованы интереснейшие диссертации российских ученых в рассматриваемом нами направлении. Например, под руководством академика РАН В.Н. Анциферова с помощью новой технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза получены твердые химические соединения таких материалов, как карбид вольфрама [4]. Или диссертация, защищенная в 2012 году в Екатеринбурге В.А. Квашиным «Электрический синтез наноразмерных порошков карбида вольфрама и твердосплавных композиций на его осно-

**Таблица 3. Основные отечественные производители твердосплавного инструмента**

| Производитель | Адрес | Ориентировочная мощность, т/ год | Группы освоенных тв. сплавов % | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ВК | ТК | ТТК | |
| АООТ «КЗТС» | г. Кировоград Свердловская обл. | 700–1000 | 60 | 30 | 10 | Собственные твердосплавные порошки |
| ОАО «Победит» | г. Владикавказ | 180–240 | 70 | 15 | 15 | Собственные твердосплавные порошки |
| Металлургический цех ФГУП ВНИИТС | г. Владикавказ | 40 | 80 | 5 | 15 | Опытные сплавы собственной разработки |
| ОАО «Волгобурмаш» | г. Самара | 250–300 | 100 | – | – | Горно-буровой инструмент по лицензии «Карболой» (США) из импортных порошков |
| ООО «АЛГ» | г. Москва | 60 | иностранные | | 80 | Режущий инструмент для изделий железной дороги, используют сплавы собственной разработки |

ве», предлагает совместное электровыделение вольфрама и углерода из вольфраматно-карбонатного расплава. Возможно, есть и другие работы.

В советское время были созданы десятки гостов по контролю качества твердых сплавов и изделий из них. Это методики по определению предела прочности, твердости, пористости, наличия свободного углерода и т. д. Но они трудоемки и рассчитаны на выборочный контроль качества. Прошло время, госты устаревают. Для рынка нужно высокое гарантированное качество каждой единицы продукции, а не выборочное. Полностью исключить брак при производстве твердосплавных изделий возможно только при автоматизации контроля качества, исключив при этом человеческий фактор. Сегодня отечественная наука уже имеет лабораторные результаты неразрушающего контроля качества твердого сплава с использованием магнитной, ультразвуковой, рентгеновской и др. дефектоскопий. Примером могут служить работы Томского и Волгоградского политехнических университетов, но они остаются на бумаге, а нужны реальные работающие автоматы, машины. В советское время этим занимались ведущие институты при машиностроительных министерствах промышленностей, которые на своих опытных производствах могли изготовить, испытать, довести до ума эти машины; сейчас этого нет.

В своем городе я подал предложение по организации производства качественного инструмента, прошло три месяца — нет ответа, звоню — оказывается в Министерстве нет технически грамотных специалистов. А недавно пришло письмо из Волгограда, в котором ученые в результате обсуждения одной из моих статей выразили единогласную поддержку предложения о создании Российского центра твердосплавных изделий с опытным заводом — базой для производства и испытаний опытных образцов и технологий, только подчеркнули, что это возможно при государственном финансировании и поддержке.

Для всех очевидно, что существенного прогресса в промышленности не добиться без развития прикладной науки, что нужны решительные меры: планирование, объединение сил отечественных специалистов, государственная поддержка со специальным финансированием. А в области производства твердосплавного инструмента вопрос развития и выполнения программы импортозамещения стоит особенно остро.

**В.Г. Плесков, Нижний Новгород**
**e-mail: pleskovvg2012@yandex.ru**

**Литература**

1. Плесков В.Г. Иностранные твердые сплавы. // РИТМ. 2015. № 2. С. 46–48.
2. Макаров А.А. Оптимизация процессов резания. — М.: Машиностроение, 1976. С. 7.
3. Злобин Г.П. Формование изделий из порошков твердых сплавов. — М.: Машиностроение, 1980.
4. Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология самораспространяющегося синтеза материалов. — М.: Машиностроение, 2007. — 567 с.

# TMTS2018

## Тайваньская международная выставка станков

## Taiwan International Machine Tool Show

**7-11 Ноября 2018**

Greater Taichung International Expo Center (GTIEC)

## Профессиональный смотр
## Лучшая платформа для закупок
## Максимально приближенно к месту производства

**Металлорежущее оборудование / Кузнечно-прессовое оборудование / Оснастка, компоненты, запасные части, гидравлическое оборудование и периферия/ Режущий инструмент / Зажимные и крепежные устройства, измерительный инструмент / Автоматика и системы контроля, промышленные роботы / CAD, CAM и программное обеспечение / СМИ, ассоциации, сервисные компании.**

TMBA
Taiwan Machine Tool & Accessory Builders' Association
3F,No.27,37th Road, Taichung Industrial Park, Taichung City, 40768 Taiwan
TEL: 886-4-23507586 FAX: 886-4-23501596 ✉ tmts@tmba.org.tw

www.tmts.tw

INNOPROM

9–12 июля 2018, Екатеринбург
Страна-партнер: **Республика Корея**

# ГЛАВНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА **ИННОПРОМ**

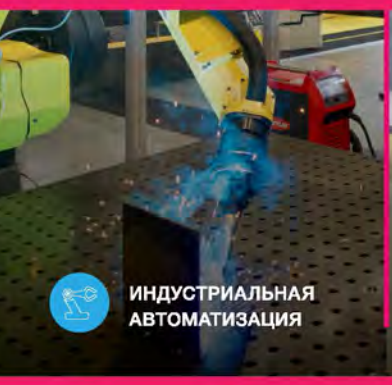
ТЕМА:
## **ЦИФРОВОЕ** ПРОИЗВОДСТВО

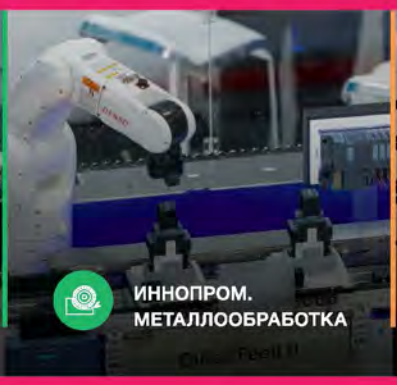
**600+**
индустриальных компаний-экспонентов

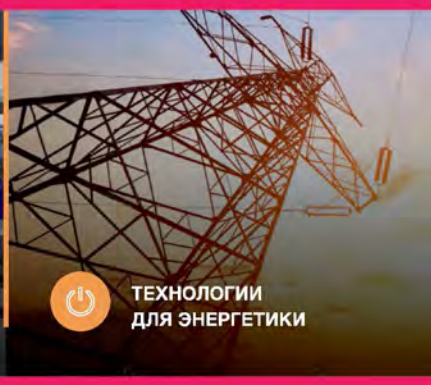
**50 000**
посетителей: профессиональная аудитория более 60%

**Более 100**
стран мира

**160+**
деловых мероприятий






Организатор **МИНПРОМТОРГ РОССИИ**

Оператор **business event** ГРУППА КОМПАНИЙ FORMIKA

WWW.INNOPROM.COM

Телефон горячей линии:
**8-800-700-82-31**

#ИННОПРОМ2018 #ЦИФРОВОЕПРОИЗВОДСТВО #DIGITALMANUFACTURING

# ГОТОВЫ К ВНЕДРЕНИЮ

Российские технологии и изобретения зачастую востребованы зарубежом больше, чем в своей стране. Внедрять в России что-то новое исключительно сложно. Данный вопрос поднимался на секции «Школа профессора В. С. Кондратенко», проходившей в рамках конференции «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике» в Московском технологическом университете. За примерами далеко ходить не пришлось. Уникальные разработки, предлагаемые кафедрой оптических и биотехнических систем и технологий университета, востребованы в России на 5% и на 95% зарубежом.

Технология лазерного управляемого терморасклывания хрупких неметаллических материалов (ЛУТ) получила самое широкое применении при изготовлении экранов для ноутбуков, смартфонов и др., и признана во всем мире. Это самая экологически чистая технология резки материалов: безотходная с шириной реза равной нулю. В России единственная установка для резки сапфира и других хрупких материалов, изготовленная компанией «Лазеры и аппаратура ТМ», находится в университете и загружена на 10%. Для сравнения, в цехе Foxconn Technology Group работают сотни установок в течение трех смен.

Технология ХМШП — химико-механическое шлифование и полирование новыми типами алмазного абразивного инструмента и СОЖ используется в обработке сапфира и других материалов, внедрена в компании Foxconn. Раньше считалось, что невозможно, например, большую деталь формата А3 толщиной 0,5 мм утонить до 0,1 мм. Благодаря этой технологии задача решена, и ноутбук MacBook Air стал самым тонким в мире. По данным российских компаний, утонение кремниевых пластин идет с глубиной нарушенного слоя в 10–15 раз меньшей по сравнению с использованием способа свободного абразива. Технология также была реализована для металла. И если на фильерах из стали 12Х21Н5Т для протяжки полимерных волокон при традиционной обработке алмазной пастой наблюдаются завалы краев отверстий и шероховатость поверхности Ra = 1,323 мкм, то применение ХМШП позволяет получить шероховатость Ra = 0,002 мкм. Однако, несмотря на мировое признание, объем реализации технологии внутри страны небольшой.

В 2013 году технология по производству теплопроводных полимерных композитов была реализована в оборудовании и внедрена в компании NanoPlus Technology в Тайване.

Разработка гидро- и паросенсорного кабеля для раннего обнаружения протечек воды и других жидкостей получила развитие в, так называемом, мультиизвещателе. Новый кабель совмещает три функции: индикация превышения температуры, воздействия пламени, начала водопожаротушения (появления воды). Контроль осуществляется во всех точках по длине кабеля.

Применение металлогибридных термоинтерфейсов позволяет обеспечить диапазон температуры радиатора охлаждения приемо-передающего блока ВОЛС приблизительно на 15–20°С ниже, чем при использовании стандартного термоинтерфейса из керамо-полимерного теплопроводящего материала. По расчетам аспирантов университета, использование металлогибридных термоинтерфейсов в оборудовании майнинговых центров для расчета криптовалюты позволяет обеспечить экономию электроэнергии на 35%.

В.С. Кондратенко, В.М. Веселов, А.Ю.Рогов

Не менее впечатляющие примеры технических решений привел на конференции и генеральный директор ООО «Твин ТК» В. М. Веселов, отметив, что в его компании разрабатываются и внедряются собственные научные идеи.

Так технология «Димет» имеет многочисленные применения в промышленности и не только. Принцип действия: при использовании сопла Лаваля порошки пластичных металлов (никеля, алюминия, меди и др.) при комнатной температуре разгоняют до 2–2,5 скоростей звука (700–800 м/с). За счет большой кинетической энергии частички ударяются о поверхность детали, вызывают колебание кристаллической решетки и закрепляются. В результате создается монолит металла или покрытие. Где это можно использовать? Прежде всего для ремонтных целей. Например, поршневые двигатели внутреннего сгорания изготавливают из алюминиевых сплавов. В процессе эксплуатации в различных деталях двигателя могут образовываться промоины и трещины. Традиционно такие детали заменяют на новые. При помощи оборудования «Димет» и алюминиевого порошка деталь восстанавливается за несколько минут. Еще пример. Гребные винты судов ледового класса делают из нержавеющей стали. Их масса несколько десятков тонн. Винты состоят из нескольких лопастей, которые прикручиваются к ступице с помощью болтов. Поскольку нержавеющая сталь имеет свойство «закусывания», то происходит схватывание металла и разбор конструкции проблематичен или даже невозможен. А для гребных винтов, как минимум, необходимо предусмотреть: сборку и разборку на заводе, сборку на судне, разборку и сборку при ремонте. Покрытия «Димет» позволили решить проблему и обеспечить больше 5 циклов сборки и разборки.

В ООО «Твин ТК» также разработаны теория и оборудование для тонкодисперсного измельчения материалов в сухом виде и в жидкой среде. Возможно измельчение металлов меньше 10 мкм, минералов меньше 1 мкм, а также волокнистых материалов и др.

Основное направление деятельности компании — разработка и внедрение термо-вакуумноимпульсных технологий в промышленность. И надо отметить, что переработка материалов с их помощью выходит на качественно новый уровень. Процессы смачивания, пропитки, отжима, сушки осуществляются на одном и том же оборудовании, интенсифицируются в 5–10 раз со снижением энергозатрат и повышением рентабельности работ.

Таким образом, блестящие научные идеи, доведенные до практики, могут дать существенный толчок к развитию промышленности. Однако статистика свидетельствует о том, что в нашей стране необходимо не только опираться на самоотверженные попытки отдельных специалистов, компаний и вузов, а выработать механизм вывода инноваций на рынок.

**Татьяна Карпова**

18-я Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий

# weldex
## россварка

**16–19 октября 2018 года**

Москва

КВЦ «Сокольники»

Забронируйте стенд
www.weldex.ru

Организатор:
Группа компаний ITE
Тел.: +7 (499) 750 08 28
E-mail: weldex@ite-expo.ru

Официальная поддержка:

Российское научно-техническое сварочное общество

ММАГС

Элсвар

Генеральный информационный партнер:

Журнал «Сварочное производство»

**22–25.10.2018**

# ТЕХНОФОРУМ

ЭКСПОЦЕНТР

Организаторы:

ЭКСПОЦЕНТР МОСКВА

Российская Ассоциация производителей станкоинструментальной продукции «Станкоинструмент»

При поддержке Министерства промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ

**Международная специализированная выставка «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов»**

Реклама 12+

**Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»**

**www.technoforum-expo.ru**

# 13–16 ноября 2018

Москва, ВДНХ, пав. 75

При поддержке:

МИНПРОМТОРГ РОССИИ

Организатор:

МЕТАЛЛ ЭКСПО

24-я
Международная
промышленная выставка

# МЕТАЛЛ ЭКСПО'2018

Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
**МеталлСтройФорум'2018**

Оборудование и технологии
для металлургии
и металлообработки
**МеталлургМаш'2018**

Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГМК
**МеталлТрансЛогистик'2018**

## www.metal-expo.ru

Оргкомитет выставки:
тел./факс +7 (495) 734-99-66

Ежегодный
выставочный
аудит с 2006 г.

Генеральный
информационный партнер:

Металлоснабжение и сбыт

# ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Металлорежущие станки с ЧПУ**
**HYUNDAI WIA**

**www.atmt.ru**

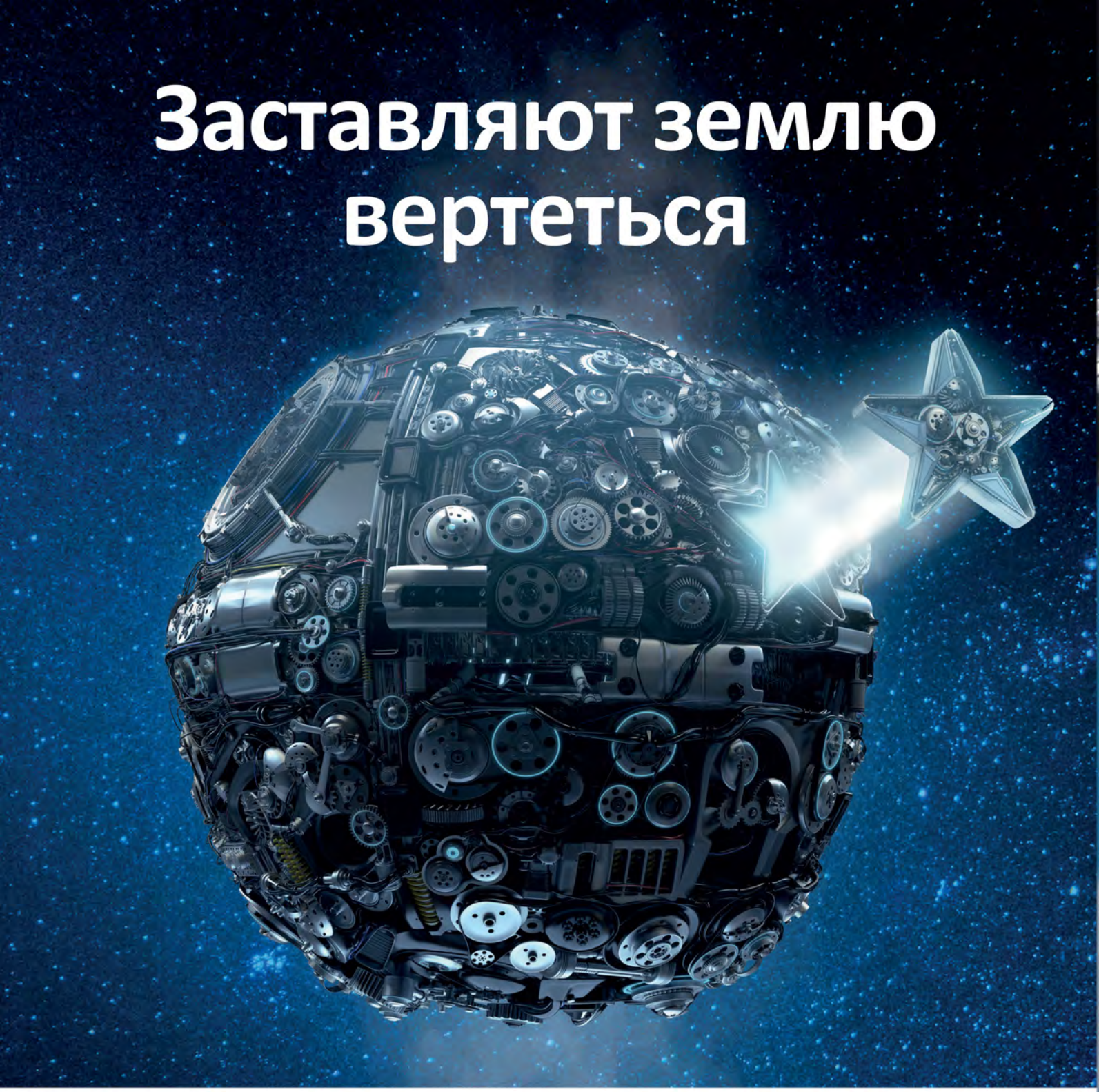
МЕТАЛЛООБРАБОТКА • METALLOOBRABOTKA

**2018**

**14-18 | 05 | 2018**

**пав. 3 | стенд 3С10**

# Заставляют землю вертеться



**Турецкие Машиностроители**
www.turkishmachinery.org

**Павильон «Форум», FB050**

МЕТАЛЛООБРАБОТКА • METALLOOBRABOTKA

● КОНДИЦИОНЕРЫ, ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ● ДВИГАТЕЛИ ● МОЕЧНЫЕ И СУШИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ● ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ И РУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ● НАСОСЫ И КОМПРЕССОРЫ ● РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ● ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ В СЕЛЬСКОМ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ● ЗАСЛОНКИ И КРАНЫ ● ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И УПАКОВКИ ● КОТЛЫ И БОЙЛЕРЫ ● ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ШВЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ● ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЧАСТИ ● МАШИНЫ И ФОРМЫ ДЛЯ ПРОКАТКИ И ЛИТЬЯ ● НАГРЕВАТЕЛИ И ПЕЧИ ● ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДЪЕМА, ТРАНСПОРТИРОВКИ И СКЛАДИРОВАНИЯ ГРУЗОВ ● ПОДЪЕМНИК / ЛИФТ ● ОФИСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ● УПАКОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ● ПОДШИПНИКИ ● ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КАУЧУКА, ПЛАСТМАССЫ, РЕЗИНЫ ● ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И ТИПОГРАФСКИЕ СТАНКИ ● ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОЖИ И ПРОИЗВОДСТВА КОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ ● ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ