

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'9
2019



журнал “РИТМ машиностроения” —
17 лет на рынке металлообработки

2002

2009

2015

2020

THE NEW LOOK OF PERFORMANCE

HYPERTURN 65 PM



Новые модели. Новый дизайн. Известный результат: Прогресс made by EMCO.

Новый дизайн линейки Hyperturn облегчит вашу ежедневную работу благодаря максимальной эргономике и оптимизированному доступу, которые позволят вам пользоваться всеми преимуществами совмещения токарной и фрезерной обработки в одном станке в сочетании с комплексным оснащением, таким как оси Y и B, а также самой современной технологией управления, автоматике и привода. Для полного использования этих достижений наши инженеры адаптируют данные модели, вплоть до мельчайших деталей, к вашим индивидуальным потребностям. Это добавленная стоимость, которая принесет вам выгоду также при покупке наших фрезерных станков.

СОДЕРЖАНИЕ

8

Про ликование зарубежных производителей сварочного оборудования на российском рынке / Glee of foreign manufacturers of welding equipment in the Russian market

12

UMATI шагает по планете /

UMATI walks the planet

14

ИНДУСТРИЯ 4.0: что нового? /

Industry 4.0: what's new?

18

Индустрия 4.0: от инициативы к реализации /

Industry 4.0: From Initiative to Implementation

20

Фактор успеха CAM-системы /

Success factor of the CAM-system

24

Четвертая промышленная революция:

мода, миф или реальность? / Fourth Industrial

Revolution: Fashion, Myth, or Reality?

27

Без лазера нет промышленной революции /

Without a laser, there is no industrial revolution

30

Станочный парк цифрового производства /

Machine park digital production

38

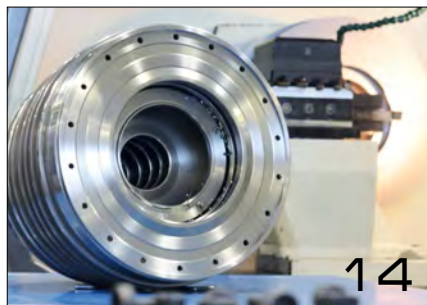
Современные методы обработки керамических

материалов / Modern methods of processing

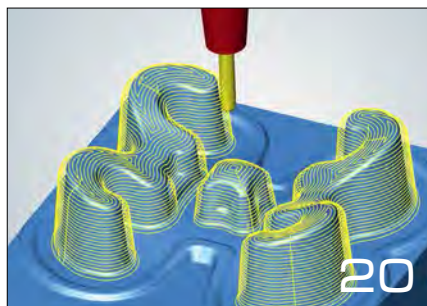
ceramic materials



8



14



20

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

На обложке использована
фотография компании Trumpf.

АДРЕС: 101000, Москва
Милютинский пер., 18А, оф. 36с, пом. 1
т/ф (499) 55-9999-8
(многоканальный)
e-mail: ritm@gardesmesh.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 на выставках
и конференциях.

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.

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПОДПИСНОЙ КУПОН

Вы можете оформить подписку на журнал «РИТМ машиностроения» с любого месяца.
Стоимость одного номера — **250** рублей, стоимость годовой подписки — **2500** рублей.

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

ООО «ПРОМЕДИА»
Юр. адрес: 101000, г. Москва,
Милютинский пер., 18А
Почт. адрес: 101000, г. Москва,
Милютинский пер., 18А, оф. 36с
ИНН 7708266787
КПП 770801001
Р/с 40702810400120033781
ПАО АКБ «АВАНГАРД»
г. Москва
К/с 30101810000000000201
БИК 044525201

Подписка на: номер
 год

Фамилия, имя, отчество (получателя):

Наименование предприятия (организации, фирмы):

Индекс и полный почтовый адрес (получателя):

Юридический адрес (для выставления счета)

ИНН/КПП

Телефон:

E-mail (если он имеется)

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: ritm@gardesmesh.com
101000, Москва, Милютинский пер., 18А, оф. 36с, пом. 1, т/ф (499) 55-9999-8,
e-mail: ritm@gardesmesh.com, www.ritm-magazine.ru

БЛИЖЕ К ПОТРЕБИТЕЛЮ

Стартовала серия конференций, организуемых Лазерной ассоциацией в рамках отраслевых выставок, где потенциальным пользователям будут продемонстрированы возрастающие возможности лазеров применительно к задачам целого ряда отраслей, а также готовые технологии, которые оправдали себя и технически, и экономически. Первое мероприятие прошло 23 октября в рамках выставки «Технофорум» и было посвящено промышленному производству.

Как подчеркнул в своей презентации Д. Л. Сапрыкин, генеральный директор НИИ «ЭСТО», лазер является универсальным инструментом Индустрии 4.0, позволяющим радикально повысить производительность труда, снизить энерго- и материалоемкость производства, обеспечить экологическую безопасность. А по замечанию президента Лазерной ассоциации И. Б. Ковша, он уже находит широкое применение в промышленном оборудовании. Так, практически каждый четвертый станок для обработки материалов среди выпускаемых сегодня в Германии является лазерным станком.

Пользователи лазерного оборудования в нашей стране имеют возможности для хорошего выбора. В России работают порядка пятидесяти отечественных производителей лазерного технологического оборудования, разных по масштабу и ассортименту продукции. Около десяти из них занимают лидирующие позиции. На рынке представлено более четырехсот моделей российского оборудования для лазерной резки, маркировки, сварки, микрообработки, локального упрочнения поверхностного слоя и др. Развиваются и аддитивные технологии. Например, в докладе Д. Л. Сапрыкина были показаны наработки НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ» по SLM- и DMD-технологиям, а также по микроаддитивным технологиям для производства 3D-структур электроники и фотоники. Причем в проекте по микроаддитивным технологиям, выполняемом совместно с МФТИ, реализуется новый подход к переносу материала — сухая аэрозольная печать с лазерным ассистированием (толщина формируемых структур составляет 5–25 мкм).

В ходе мероприятия были также представлены решения: по лазерному микроструктурированию, скрайбированию, резке, маркировке и др. для электронного машиностроения (АО «НИИЭСТО» и ООО «Промис Лаб»); по сварке, наплавке, профилированию отверстий с целью производства и ремонта деталей двигателестроения (НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ»); по упрочнению плоских, фасонных, резьбовых поверхностей для повышения ресурса деталей сельскохозяйственной, нефтебуровой,



транспортной техники, а также по применению порошковой наплавки для ремонтных целей (ИМАШ РАН); по высокоточной лазерной маркировке промышленной продукции (ООО «Лазерный центр»). В докладе от ООО «НТЛТ» демонстрировались возможности интеллектуальных лазерных роботизированных комплексов «Сварог» — для термоупрочнения с диагностикой процессов в реальном времени; для лазерной и гибридной лазерно-дуговой сварки черных и цветных металлов толщиной до 100 мм в заданной среде и с подачей присадочной проволоки; для лазерной резки и сварки с подачей проволоки и др. Из доклада от самарского филиала Физического института им. П. Н. Лебедева РАН участники узнали об интересных наработках по лазерной сварке с одновременным легированием, что позволяет получать сварной шов с высокими прочностными свойствами; по поверхностному упрочнению деталей с помощью глубокого локального легирования (создаваемый «игльчатый каркас» придает поверхности детали уникальный набор физико-механических свойств); по изготовлению микроразмерных изделий методом аддитивного сплавления порошков импульсным лазерным излучением. Все эти достижения имеют большой потенциал для развития и могут быть предложены для решения новых задач.

Следующая встреча в заявленном формате пройдет в «Экспоцентре» в декабре в рамках выставки «Здравоохранение», на ней будут показаны внедрения лазерных технологий и отечественного оборудования в области медицины. Что касается отраслевой выставки «Фотоника», которая в 2020 г. уже в 15-й раз начнет свою работу в московском «Экспоцентре» (31 марта — 3 апреля), то она традиционно станет как местом встречи ведущих специалистов отрасли для обмена информацией и размещения взаимных заказов, так и площадкой, где заказчики из реального сектора экономики смогут познакомиться с лучшими образцами техники, предлагаемой этой отраслью на российском рынке. К слову сказать, здесь демонстрируются не только отечественные разработки. На предстоящем смотре ожидаются большие коллективные экспозиции из Германии и Китая, а также участники из других стран мира.

Татьяна Карпова

КОНКУРС



Лазерная ассоциация объявляет традиционный конкурс на лучшую отечественную разработку в области лазерной аппаратуры и лазерно-оптических технологий. На конкурс принимаются завершённые разработки, вышедшие на рынок в 2018–2019 гг., по номинациям:

- Источники лазерного излучения и их компоненты, устройства управления лазерным лучом и его транспортировки (конкурс имени М. Ф. Стельмаха)
- Лазерные технологии в промышленности и энергетике
- Информационно-управленческие технологии и системы фотоники
- Оптическая связь и фотонная информатика
- Биофотоника, лазерное оборудование для медицины, включая ветеринарию (конкурс имени О. К. Скобелкина)
- Информационные материалы и лабораторное оборудование.

Заявки принимаются до 31 декабря 2019 г. Подробности и форма заявки на сайте <http://www.cislaser.com>.



ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Группа компаний ТСС выполнила очередную поставку дизельных электростанций для автономного энергоснабжения отдаленных объектов нефтегазодобывающего комплекса.

Две контейнерные дизель-генераторные установки TSS Prof TDo 690TS CGA (АД-500 С-Т400-2 PHM17) будут работать в условиях Крайнего Севера — на промыслах АО «Мессояханефтегаз», совместного предприятия «Газпром Нефти» и «Роснефти». Эти ДГУ обеспечат электричеством ряд инфраструктурных и технологических объектов месторождений Мессояхской группы, расположенных в Тазовском районе Ямало-Ненецкого АО.

ДГУ производства ГК ТСС предназначены для выработки трехфазного электрического тока с напряжением 400 В и способны функционировать в широком диапазоне внешних температур. Номинальная мощность каждой установки составляет 500 кВт. Электростанции оснащены по второй степени автоматизации: дополнительно установлены системы АВР (автоматический ввод резерва), электроподогрев блока двигателя, автоматические подзарядки бортовых аккумуляторных батарей. Все оборудование ДГУ размещено в технологических блок-контейнерах ПБК-6. Дизельные электростанции укомплектованы необходимыми инженерными системами, включая системы жизнеобеспечения и безопасности.

ДГУ серии TSS Prof спроектированы для эксплуатации в режиме основного или резервного электропитания, имеют низкие показатели расхода топлива, увеличенные сервисные интервалы и обладают высокой ремонтпригодностью в полевых условиях. Установки, изготовленные для мессояхского проекта, имеют самый продолжительный срок фирменной гарантии — 36 месяцев, или 2000 моточасов.

БУДЕТ СОБИРАТЬСЯ В РОССИИ

Госкорпорация «Ростех» в 2020 году начнет выпуск первых в России пятиосевых токарно-фрезерных цифровых обрабатывающих центров. Станки TMX-4000 с ЧПУ по технологии японской компании Takisawa будет производить Ковровский электромеханический завод (КЭМЗ) холдинга «Высокоточные комплексы».

КЭМЗ и Takisawa подписали контракт о совместном производстве, предполагающий сборку шести промышленных машин в Коврове к концу 2021 года. Первый станок будет собран уже в апреле 2020 года и представлен на выставке «Металлообработка-2020».

Takisawa и КЭМЗ сотрудничают с 2013 года. Предприятия совместно выпускают шесть моделей и более 30 модификаций станков, прошедших этапы локализации.

<https://sdelanounas.ru/>

СТАНКИ ДЛЯ СКОРОСТНОЙ ПРЕЦИЗИОННОЙ РЕЗКИ И РАСКРОЯ ЛИСТОВЫХ И РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Специально для резки трансформаторной стали
и других тонколистовых металлов

СЕРИЯ МЛ35 КОМПАКТ



 Разработано и произведено в России

Специально для резки
трансформаторной стали

Поле обработки: до 1500x1500 мм
и 1500x1800 мм

Резка рулонных металлов и заготовок
в 1/2 листа

Волоконный лазер до 2 кВт
или Nd:YAG лазер до 300 Вт

Подходит для установки в помещениях
ограниченной площади

Линейные двигатели российской
разработки и производства



+7 499 710 00 53

sales@laserapr.ru

www.laserapr.ru

[lia_laserapr](#)

[lia_laserapr](#)

ТЕСТ-ДРАЙВ ОТ DMG MORI

Цифровизация, автоматизация, аддитивное производство, локализация, сервис, профессиональное обучение — эти процессы стали темами панельных дискуссий, семинаров, круглых столов 3-го Ульяновского технологического симпозиума на заводе DMG MORI.

ДЕЛА В ГАРМОНИИ СО СЛОВАМИ

Экскурсия по заводу дала возможность убедиться в том, что всё, о чем говорится, реально работает. Гидом стал Алексей Антипин, генеральный директор Ульяновского станкостроительного завода.

Демонстрационный зал DMG MORI в Ульяновске перестал быть шоу-румом, потому что там не только показывают станки, но и отрабатывают технологии. Клиенты приходят с чертежами и деталями и хотят понять, как их можно обработать. Специалисты завода дают возможность сделать своего рода тест-драйв. Они разрабатывают технологию, отрабатывают ее на станке, а потом клиент приходит со своим оператором, чтобы убедиться в том, что всё производится с заданной точностью и в заданное время. Это дает клиенту возможность оценить не только саму технологию, но и окупаемость станка.

Станки представлены в новом дизайне, который пойдет в серию с 2020 года. Речь в первую очередь о добавленных функциях, которые улучшают эргономику. На станке новая панель управления с новым софтом. Все станки готовы к подключению в сеть, то есть первый шаг к цифровизации сделан. Собранные со всех станков данные можно обрабатывать и ими управлять.

«Четвертая революция — это станки с ЧПУ, управляемые в киберпространстве, плюс автоматизация», — рассказывает Алексей Антипин. Решения для автоматизации разрабатываются как специалистами концерна, так и специалистами российских компаний. Можно было видеть роботов-манипуляторов, один из которых подвозил, а другой менял компоненты. «Две измерительные машины Mitutoyo, — рассказывает генеральный директор завода, — это наш вариант автоматизации измерения». Робот Fanuc на измерительной тележке берет изделие с одного стола, устанавливает на промер и по завершении возвращает обратно.

Станок Lasertec 30 SLM, представляющий собой комбинацию 5-координатного станка и 3D-принтера, это ответ DMG MORI на вызов рынка. Спрос на аддитивные технологии растет, потому что они несут революционные изменения в подходе к конструированию. Выращенная деталь уступит в точности детали, полученной в процессе мехобработки с ее точностью 2–4 микрона, но даст выигрыш в другом. Уже сегодня на заводе производят держатели инструмента. Облегченная головка, имеющая ячеистую структуру, позволяет соплу, через которое идет наплавление, двигаться быстрее. Аддитивные технологии позволяют доставить СОЖ в точки, которых раньше нельзя было достичь.

СКЛАД ХОРОШ, НО НЕ ОТ ХОРОШЕЙ ЖИЗНИ

Завод в Ульяновске — единственное предприятие концерна, которое имеет собственный склад запасных частей. Все остальные предприятия работают с централизованными складами в Германии, Японии и США. Обычно клиент заводов концерна, подав заявку на приобретение того или иного компонента, получает его с централизо-



ванного склада. У нас, к сожалению, с учетом особенностей работы таможни, быструю поставку компонентов обеспечить невозможно. По этой причине в Ульяновске появился склад, на котором, если говорить в экономических категориях, заморожено 700 тыс. евро. Сегодня на обработку заказа уходит один день, на доставку в любую точку страны — три дня. «Это очень хороший показатель, — говорит Антипин, — потому что раньше, когда приходилось работать через централизованные склады, это длилось неделями». Стеллажный склад имеет объем компонентов для производства на 7 месяцев. Каскадные шкафы для мелких и дорогостоящих компонентов позволяют на маленьком участке площади иметь значительное количество комплектующих. При извлечении компонента из той или иной ячейки информация поступает во внутреннюю систему ERP, которая уже генерирует следующий заказ.

ОПТИМИЗИРОВАТЬ СТРУКТУРУ И СОСРЕДОТОЧИТЬСЯ НА ГЛАВНОМ

На заводе, который сегодня выпускает 350 станков в год — таков пока запрос рынка, работает 120 человек. Казалось бы: что можно сделать силами 120 человек на предприятии такой сложной высокотехнологичной продукции. Можно многое, если располагать цепочкой субподрядчиков. К примеру, на заводе нет собственного отдела механика, нет отдела главного инженера, есть только главный инженер и его помощник. На 120 человек в Ульяновске не только рядом, но и по всей стране работает еще по 2–3 человека. Техническая поддержка, уборка, охрана, оборудование, краны, станки, конвейер, отопление, пожарная сигнализация, служба питания — всё на подряде. «Сами мы сосредоточены только на главном», — говорит Алексей Антипин.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ. ТЕМА ЛЮБИМАЯ И БОЛЕЗНЕННАЯ

В 2018 достигнут уровень 40-процентной локализации, к концу 2019 года должны подойти к показателю 50%, в 2020 году должно быть 70%. На сегодня локализованы кабины, транспортеры стружек, шкафы управления, баки СОЖ, литье, патроны, шкивы, детали мехобработки, гидравлические станции, шпиндели, инструментальные магазины. Большое место российского станкостроения, по словам Антипина, — отсутствие высокоточных частей. Российских поставщиков шариковинтовых пар, линейных направляющих, шпиндельных валов просто нет. Для 350 станков, которые сегодня производит завод, нужно 1500 шариковинтовых пар, но делать такое количество никому не интересно. Если поставить у себя оборудование для изготовления этих компонентов, то оборудование никогда не окупится.

Это малая часть увиденного и услышанного. Добавим только, что Ульяновский завод не уступает ни одному из 14 заводов концерна в Италии, Японии, Америке, Германии. Главное, что высокотехнологичная продукция производится в России.

Зинаида Сацкая

ТЕРМОКРАМИКА

ПРОИЗВОДСТВО НЕСТАНДАРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

200-2500 °С

УЖЕ 25 ЛЕТ КЛИЕНТЫ ДОВЕРЯЮТ НАМ
САМЫЕ СЛОЖНЫЕ ЗАКАЗЫ

- **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПЕЧИ**
вакуумные, муфельные, шахтные, проходные, водородные печи и др.
- **ТЕХНИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА**
тигли, трубки, втулки, изоляторы, лещадки и тд.
- **ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ**
теплоизоляционные плиты, вата, одеяла, картон и др.
- **НАГРЕВАТЕЛИ**
фехралевые, карбид-кремниевые, дисидицид-молибденовые и т.д.

КОНТАКТЫ

141420, РФ, Московская обл, г. Химки,
мкр. Сходня, ул. Некрасова, д. 2
на территории технопарка "Сходня-Инжиниринг"

Секретариат:
+7 (495) 481-41-49
+7 (903) 626-24-29

Промышленные печи:
+7 (495) 48-141-49
(доб. 104)

E-mail: info@termokeramika.com www.termokeramika.com

НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВА

ЦЕНТР РАЗРАБОТОК В СКОЛКОВО

Представители немецкой компании Phoenix Contact и фонда «Сколково» заложили первый камень партнерского центра на территории Сколково. К 2021 году в новом здании будет открыт региональный центр разработок и отраслевых компетенций для обслуживания Евразийского региона.



Компания Phoenix Contact является одним из мировых лидеров по производству и разработке компонентов, систем и решений в области промышленной электротехники, электроники и автоматизации. С Россией ее деятельность связана уже много лет. В 2002 году было основано дочернее предприятие в России — «Феникс Контакт РУС» с головным офисом и складом в Москве, а также 17 филиалами в регионах РФ. «Феникс Контакт РУС» — один из ключевых партнеров фонда «Сколково» в области энергоэффективности. После Германии, США и Китая Россия становится четвертой страной, где компания делает ставку на сочетание производства, логистики и разработки новых технологий.

<https://sk.ru>

РАСШИРЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Инвестиционный проект стоимостью 50 млн рублей в промышленном парке «Вологда-Восток» реализует компания «МК-Сервис» при поддержке Департамента экономического развития Вологды. В его основе — реновация старого корпуса завода железобетонных изделий и развитие на его базе нового производства.

Компания «МК-сервис» существует с 2011 года. Расширение бизнеса послужило стимулом к переходу с арендованных площадей на собственные. «Раньше мы выпускали до 270 тонн металлоконструкций в месяц. С переездом в новые цеха планируем вдвое увеличить объемы производства. Количество рабочих мест также



вырастет в два раза — сейчас к работам привлечено порядка 35 человек», — пояснил генеральный директор компании «МК-Сервис» Юрий Попов.

www.metainfo.ru

ЦЕНТР ПРИВОДНОЙ ТЕХНИКИ

24 октября во Всеволожском районе Ленинградской области открылся центр приводной техники «СЕВ-Евродрайф» (Sew-Eurodrive). Новое предприятие разместилось на участке площадью 45 тыс. м².

Немецкий производитель приводной техники будет осуществлять сборку мотор-редукторов и сервис продукции, производимой компанией. Плановая мощность предприятия составит по сборке — 2000 изделий в месяц, по сервису — более 500 единиц в год.

Инвестор вложил в создание производства 35 млн евро. В ближайшие три года аналогичное производство, в которое планируется инвестировать 15 млн евро, появится в Новосибирске.



На производстве установлен немецкий конвейер протяженностью 33 метра, который полностью автоматизирует сборочный процесс. Преимуществами нового центра также являются современные рабочие места, внедрение подвешенного окрасочного конвейера Power & Free и мощный производственно-складской комплекс, который в настоящее время обслуживает все регионы России.

На сегодняшний день «СЕВ-Евродрайф» занимает 30% российского рынка мотор-редукторов. В продуктовом портфеле компании их доля — 60%. Годовой оборот производителя составляет 30 млн евро.

<https://sdelanounas.ru/>



ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЗАЛ КОМПАНИИ RENISHAW

1 октября состоялось официальное открытие демонстрационного зала в новом московском офисе российского представительства Renishaw.

В торжественной церемонии перерезания ленточки участвовали генеральный директор ООО «Ренишоу» Михаил Злотский, директор по региону EMEA Renishaw Райнер Лотц и представитель посольства Великобритании Том Оппенхайм.

Мероприятие посетили более 50 человек — партнеры и клиенты российского представительства «Ренишоу». Среди них представители таких компаний, как Hoffmann, Siemens, Fanuc, CFT, DMG, Mitutoyo, «Финвал», МАЗ и другие.

В демонстрационном зале Renishaw представлены:

- координатно-измерительные машины, оснащенные уникальными 5-осевыми мультисенсорными головками REVO-2;
- универсальные цеховые системы Equator для крупносерийных и массовых производств;

- крепежные приспособления для координатно-измерительных машин и видеомикроскопов;
- системы для диагностики и калибровки станочного оборудования и КИМ;
- угловые и линейные датчики перемещения;
- станки с ЧПУ, оснащенные инновационными решениями для наладки деталей и инструмента, системой сканирования SPRINT, а также программным обеспечением для автоматизированного поиска ноля детали и тестирования станка на технологическую точность, созданную партнером компанией MSP (UK).

Гости мероприятия смогли посмотреть представленное оборудование, задать вопросы представителям компании Ренишоу, а также пообщаться в неформальной обстановке.

Демонстрационный зал открыт для посещений для всех желающих ознакомиться с продукцией Renishaw.



ОТКЛИК НА РЕПОРТАЖ О ЧЕМПИОНАТЕ РАБОЧИХ ПРОФЕССИЙ WORLDSKILLS-2019, КОТОРЫЙ НАСЧИТЫВАЛ 56 КОМПЕТЕНЦИЙ, ВЫВОДИТ НЕ ТОЛЬКО НА ПРОБЛЕМЫ ОТРАСЛЕВЫХ РЫНКОВ. ПУБЛИКУЯ МНЕНИЕ НАШЕГО ЧИТАТЕЛЯ, МЫ ПРИГЛАШАЕМ К ДИАЛОГУ ВСЕХ, КТО СЧИТАЕТ ПОДНЯТУЮ ТЕМУ ВАЖНОЙ.

ПРО ЛИКОВАНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

Отклик на репортаж с чемпионата WorldSkills Kazan 2019 (журнал «Ритм машиностроения», 2019, №7, с. 4)

Я принадлежу к поколению граждан, которое постоянно радуется и гордится. Появились в 90-е годы прошлого века в магазинах «ножки Буша» — радость. Возродили российские птицефабрики и отказались от «ножов Буша» — гордость. Начали промышленность на современном технологическом уровне возрождать — радость, об импортозамещении говорить — гордость.

Теперь серьезно. Предыдущий номер журнала «Ритм машиностроения» открыт замечательной статьей Зинаиды Сацкой «WorldSkills — окно в будущее». Статья прекрасная. Чемпионат WorldSkills — событие замечательное, но....

Так сложилось, что на данном этапе жизни мне ближе производство сварочного оборудования: работаю в компании, производящей сварочное оборудование. Слова автора статьи, что «по условиям конкурса сварочных технологий все участники использовали сварочное оборудование компании Lincoln Electric, но победитель... готовился к чемпионату на оборудовании компании Kemppi, и его победа стала предметом ликования двух компаний-конкурентов» заставили посмотреть на событие с несколько иной стороны.

Россия — родина электродуговой сварки. Страна в целом сохраняла за собой лидерство в этой сфере долгое время. В 90-е гг. прошлого века в мире сварки произошел качественный технологический скачок. Появилось оборудование нового цифрового поколения. По понятным причинам российская промышленность этот скачок пропустила и сегодня на 90%, комплектуется импортным сварочным оборудованием.

За последние 30 лет сформировалось целое поколение специалистов, в том числе связанное с профессиональным обучением сварщиков, уверенное в неизбежности абсолютного приоритета западной техники. Надо согласиться, что сварочная техника производства стран Юго-Восточной Азии и сегодня уровня технологических требований промышленности не достигла. Но при этом ими игнорируется и конкурентоспособное российское сварочное оборудование, появившееся в последние годы и не уступающее продукции компаний Lincoln Electric, EWM, Lorch, Kemppi, ESAB, Fronius, по-прежнему занимающих доминирующее положение на рынке.

Почему на соревнованиях российских сварщиков, проводимых в России, ликуют исключительно производители зарубежной техники? Это вопрос, от ответа на который, можно сказать, в значительной степени зависит будущее страны и перспективы ее народа.

Прав вице-председатель движения WorldSkills

International Лоуренс Гейтс, чьи слова приведены в конце послужившей толчком к данным размышлениям статьи о проведенном чемпионате: «Один из важных итогов чемпионата... посмотреть не только в технологическое будущее, но и в социальное?»

Важно, что под оборудование, используемое при проведении престижных конкурсов, неизбежно подстраивается и система профессионального обучения. При этом обучение исключительно на импортном оборудовании формирует неверное представление о приоритете всего зарубежного и о «вечном отставании России» в высокотехнологичных отраслях.

Безусловно, союз «Молодые профессионалы» («Ворлдскиллс Россия»), учредителями которого являются в том числе два Министерства Российской Федерации, играет важнейшую роль в повышении престижа рабочих профессий, ставит определенную планку для оценки эффективности всей системы профессионального обучения. При этом, успешно добиваясь поставленных целей, союз вопросы патриотической направленности, в том числе формирования гордости за достижения отечественной науки и промышленности, в повестку дня не ставит и не рассматривает их даже в качестве сопутствующей задачи. Союз может этим не заниматься, но с государственной позиции это как минимум недальновидно! Социальные последствия, о которых говорит господин Лоуренс Гейтс, кто-то должен предвидеть!

Обеспечения чемпионатов России, а тем более чемпионатов мира, организуемых движением WorldSkills International, касаться не буду. Тема добрых спонсоров, раскладывающих сыр по всему миру, непростая и неоднозначная. Обращу внимание на региональные чемпионаты, проводимые союзом и их связь с формированием материально-технической базы профессионального обучения.

Проведение региональных чемпионатов обеспечивается сварочным оборудованием, которое, как правило, предоставляется средними учебными заведениями профессионального обучения региона. Закупается это оборудование за счет средств государственного бюджета. Требования к покупаемому оборудованию в соответствии с директивными документами Министерства просвещения Российской Федерации практически с начала 2019 года должны соответствовать, как сказано в документе, «требованиям инфраструктурных листов Ворлдскиллс Россия по соответствующей компетенции, размещенным на сайте Союза в информационно-коммуникационной сети Интернет»*.

* Методические рекомендации об оснащении организаций, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования, материально-технической базой по приоритетным группам компетенций», утвержденных заместителем министра просвещения Российской Федерации 31.01.2019 года. «Официальные документы в образовании», № 8, 2019, пункт 3.

Не буду углубляться в вопрос правомерности включения в нормативный акт государственного органа ссылки на документ, редактируемый общественным движением. Обращу только внимание, что на практике это воспринимается организаторами закупок сварочного оборудования системы среднего профессионального образования как основание для нарушения Федерального закона № 223-ФЗ от 18 июля 2011 г. «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».

Попробую пояснить. На официальном сайте союза «Молодые профессионалы» «в информационно-коммуникационной сети Интернет», как указано в пункте 3 процитированного выше нормативного документа, можно найти огромное количество инфраструктурных листов по компетенции «Сварочное оборудование», в которых указан конкретный и безальтернативный производитель — фирма Kemppi (Финляндия), официальный спонсор союза. Как пример можно посмотреть: <https://worldskills.ru/final/nacjonalnyj-final/partneryi.html>. Поставщики и цены могут меняться, а производитель оборудования прописан. Союз — некоммерческая организация и, вероятно, так поступать вправду. Учреждения профессионального образования должны руководствоваться нормами Федерального закона № 223-ФЗ от 18 июля 2011 г. и закупать оборудование в результате сравнения характеристик по конкурсу, при этом выбирать производителя до конкурса они неправомочны.

То, что министерство обязывает закупать для мастерских сварочное оборудование в соответствии с требованиями инфраструктурных листов «Ворлдскиллс Россия», размещенными на сайте esat.worldskills.ru, уточняется только в пункте 5 Методических указаний, через несколько листов. На этом сайте определены характеристики оборудования. Модель, производитель не указаны. Графы «Поставщик/спонсор» и «Примерная стоимость» в инфраструктурных листах на этом сайте присутствуют, но оставлены пустыми (во всяком случае, на 01.10.2019 г.). Т.е. напрямую нарушать закон об организации закупок министерство не указывает. Но это дочитать еще надо и постараться растолковать с законом в руках.

Убедиться, что ссылкой на инфраструктурные листы «Ворлдскиллс», Министерство просвещения не дает прямого указания на закупку именно сварочного оборудования Kemppi, как, впрочем, и союз «Молодые профессионалы», весьма непросто.

Не все этот путь проходят. В частности, заказчик ГАПОУ Мурманской области «Мурманский индустриальный колледж» не прошел. В его заявке № 31908112758 от 18.07.2019 г., указано, что предложения о поставке сварочных аппаратов других марок, кроме Kemppi, колледж не принимает, поскольку собирается использовать оборудование при подготовке к соревнованиям, организуемым движением WorldSkills Russia.

Случаи безапелляционного недопуска к конкурсам российского оборудования, даже превосходящего импортное по техническим характеристикам, имеет системный характер. Чиновнику кажется легче повернуть дыш-



ло закона, чем послушаться начальника, даже если он его методические рекомендации воспринял некорректно.

На эти мои рассуждения могут сказать, что конкурентоспособного российского оборудования нет. А чтобы добиваться результата, учиться надо на лучшем.

С тем, что учиться надо на лучшем, нельзя не согласиться. Это правильно. Но уже не первый год сборная команда профессиональных сварщиков страны для подготовки к международным соревнованиям предпочитает российское сварочное оборудование и побеждает. Что мешает поступать так же «молодым профессионалам»?

Сборная сварщиков Российской Федерации — победитель конкурса Arc Cup International Welding Competition 2019 (г. Ланфан, КНР) в командном зачете — в 2017 и 2019 годах готовилась к конкурсу на сварочном оборудовании EVOSPARK, сконструированном и произведенном на ООО «Завод технологических источников» (Санкт-Петербург).

На сварочном оборудовании завода успешно проведены конкурсы сварщиков III-го открытого регионального чемпионата «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia) Санкт-Петербурга, IV Открытый региональный чемпионат «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia) Кировской области. Оборудование получило только положительные отзывы и от организаторов конкурсов, и от Вятской торгово-промышленной палаты в частности (деловой журнал Вятской ТПП «Меркурий», 2019 г., № 3, с. 38).

В настоящее время Правительством Российской Федерации выделяются значительные бюджетные средства на переоснащение материально-технической базы профессионального обучения, в том числе на подготовку кадров сварочного производства. По словам министра просвещения Российской Федерации О.Ю. Васильевой, в плане министерства создание 5000 мастерских, «оснащенных по последнему слову промышленности».

Можно с грустью констатировать, что если сложившееся в сфере материально-технического обеспечения учебного процесса системы среднего профессионального обучения положение не изменится, то по-прежнему будут ликовать производители исключительно западной техники, совсем не обязательно лучшей и точно более дорогой.

А. Д. Дронов,
начальник отдела ООО «ЗТИ», Санкт-Петербург,
E-mail: dronovad@ros weld.com

ТУРБИНЫ ЗАРУБЕЖНЫЕ, СЕРВИС РОССИЙСКИЙ

Пресс-тур в Центре восстановления деталей горячего тракта газовых турбин «Зульцер Турбо Сервисес Рус» в Екатеринбурге гармонично вписался в общий тренд событий, которые происходят сегодня в сфере большой энергетики в нашей стране. Это и государственная программа по созданию отечественной газовой турбины большой мощности, и постановление Правительства РФ № 719 о локализации производства энергетического оборудования, и запущенная в 2019 году программа модернизации энергетики (ДПМ-2). Несмотря на то, что газовые турбины в ДПМ-2 не вошли, эта программа стала масштабным событием в отрасли — до 2035 года планируется обновление около 40 ГВт энергоблоков электростанций. На создание отечественной энергетической газовой турбины государство предусматривает софинансирование, а по локализации производства с 2021 года ключевые компоненты газовой турбины, в том числе детали горячего тракта, должны быть произведены на территории РФ.

Важным элементом полноценного и безаварийного функционирования любого оборудования, в том числе машиностроительного, является качественный и своевременный сервис. По результатам посещения центра сложилось впечатление, что перед нами, возможно, первый случай, когда полностью российской энергетической газовой турбины в стране еще нет, а структура, специализирующаяся на сервисной поддержке и технологически готовая к выпуску её ключевых компонентов, есть. И это именно российская независимая компания по сервису энергетических газовых турбин «Зульцер Турбо Сервисес Рус» (ЗТСР).

ЗТСР была создана в 2011 году и к настоящему моменту занимает около 25% российского рынка сервиса энергетических газовых турбин, который до этого был занят самими производителями. Среднегодовой оборот компании составляет 2,5 млрд руб. Сегодня ЗТСР — 100-процентная «дочка» швейцарской глобальной промышленной корпорации Sulzer AG с головным офисом

в Москве, полевым и инженерным составом в Петербурге и первым в России Центром восстановления деталей горячего тракта газовых турбин, созданным в 2016 году в Екатеринбурге.

ЗАМЕНЯТЬ ИЛИ ПРОДЛЯТЬ РЕСУРС?

Как рассказал Олег Шевченко, генеральный директор ЗТСР, сегодня в России работают около 300 промышленных энергетических газовых турбин иностранного производства. В среднем при достижении наработки в 100 тысяч эквивалентных часов необходимо решать, что требуется дальше — проводить главную инспекцию с продлением ресурса турбины или менять на новую. После продления ресурса турбина, в зависимости от её типа, может работать ещё 100 и даже 150 тысяч часов. По прогнозам, в ближайшие пять лет одна за другой начнёт выходить за штатные 100 тысяч часов наработки большое количество машин, в частности около 20 самых распространённых в России энергетических турбин Siemens типа SGT5–2000E (V94.2, ГТЭ-160).

Восстановление деталей горячего тракта как один из элементов сервисной поддержки газовых турбин позволяет экономить до 70% стоимости новых деталей при полном сохранении характеристик и является экономически выгодным решением для заказчиков. По мнению Олега Шевченко, генерирующие компании пока не готовы покупать новые турбины. Государство до сих пор разрабатывает документы, гарантирующие возврат инвестиций генерирующих компаний на их приобретение. Складывающаяся ситуация означает, что запатентованная технология сервисной поддержки энергетических газовых турбин, локализованная ЗТСР, будет и дальше востребована. Устойчивость бизнеса ЗТСР обеспечивается не только обладанием передовой технологией и высококлассным персоналом, но и доступом к мировой сети корпорации Sulzer. Российские генерирующие компании постепенно отказываются от дорогого зарубежного сервиса в пользу российского, приходит понимание, что спо-



Фото 1. Направляющая лопатка 1-й ступени газовой турбины типа V94.2 до восстановительного ремонта.



Фото 2. Направляющая лопатка 1-й ступени газовой турбины типа V94.2 после восстановительного ремонта.

койнее работать в своей стране. В случае возникновения санкций в то время, когда турбина разобрана на площадке, «можно, — по образному выражению Олега Шевченко, — остаться, как в кресле дантиста, когда врач куда-то запропастился».

В портфеле ЗТЭС контракты на обслуживание 38 энергетических газовых турбин, установленных на 19 ключевых электростанциях по всей России, при этом у ЗТЭС — заметим, единственной в России — в портфеле контракты на обслуживание газовых турбин всех трёх основных производителей: Siemens, GE, Ansaldo. Большая часть этих сервисных контрактов долгосрочная, что даёт возможность своевременно планировать работы и заранее определять, какие части — изготовленные и восстановленные — надо привезти к открытию турбины. На большинстве обслуживаемых ЗТЭС турбин установлена система прогностики состояния оборудования «ПРАНА» компании «РОТЕК», которая может за 2–3 месяца предупредить о возможности выхода какой-то части из строя. Так, может возникнуть ремонт «по необходимости».

К РОСТУ СПРОСА ГОТОВЫ

Экскурсия по центру ЗТЭС дала представление о том, какие технологии концерна Sulzer локализованы в России сегодня, а обстоятельный и откровенный разговор с топ-менеджментом после осмотра производства углубил понимание перспектив его развития в связи с общим контекстом событий в энергетической отрасли. «Наш центр более современный, чем у коллег в Голландии или Польше, — рассказывает Олег Шевченко. — В цех вложено 12 млн евро, и мы продолжаем инвестировать в наш центр и дооснащать его». Производственные мощности позволяют осуществлять восстановление до 60 ремонтных комплектов в год, куда входят рабочие и направляющие лопатки и другие элементы горячего тракта газовой турбины. Хотелось бы отметить, что первый раз за мою журналистскую карьеру экскурсия по предприятию началась с подробного инструктажа по технике безопасности для посетителей.

Вся внутрипроизводственная логистика оптимизирована, что сократило затраты на перевозку деталей по цеху. Мы последовательно переходим от участка к участку: абразивная обработка; термообработка; участок шлифования, сварки и напайки, который включает в себя сварочное производство и профилирование; механическая обработка деталей и, наконец, участок финальных процессов — нанесения специальных термобарьерных покрытий в атмосферной и вакуумной камерах. В распоряжении лаборатории измерительная машина, 3D-сканер, рентген, позволяющий выявить возможные внутренние дефекты на всех типах деталей, приборы для анализа структуры металла, цветной дефектоскопии, толщинометрии.

Производство пока работает в одну смену, но можно работать и в две, и в три — был бы соответствующий спрос. Специалистов Центра восстановления деталей горячего тракта ЗТЭС обучают в зарубежных сервисных центрах концерна Sulzer. Сейчас идет работа по стимулированию персонала к освоению смежных профессий, чтобы не возникло функционального «бутылочного горлышка». Кадры могут многое, но сегодня, похоже, всё решают не они. Всё решает спрос, а ЗТЭС видит свою задачу в том, чтобы быть к нему готовым.

Зинаида Сацкая

- ✓ Волоконные лазеры «IPG», «Raycus» (Китай), «TruFiber/Precitec» — волоконный (Германия), «Tru/Precitec ALL-In-Light^{2k}» — дисковый (Германия), «Rofin-Sinar FL» (Германия)
- ✓ Комплектующие лучших мировых производителей, ЧПУ и сервоприводы «Mitsubishi»
- ✓ Поддержка изготовителя на протяжении всей жизни станка

ЛАЗЕРНЫЕ РАСКРОЙНЫЕ
 СТАНКИ С ВОЛОКОННЫМИ
 ЛАЗЕРАМИ



ДЛИННОМЕРНЫЕ
 И КРУПНОФОРМАТНЫЕ
 ЛАЗЕРНЫЕ СТАНКИ



ЛАЗЕРНЫЕ СТАНКИ С
 CO₂-ЛАЗЕРАМИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ
 ДЛЯ РЕКЛАМНОГО, ШВЕЙНОГО,
 МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА



ЛАЗЕРНЫЕ РАСКРОЙНЫЕ
 КОМПЛЕКСЫ С МОЩНЫМИ
 CO₂-ЛАЗЕРАМИ ROFIN-SINAR



КООРДИНАТНЫЕ СТОЛЫ С ЧПУ
 ПОЗИЦИОНЕРЫ



КРУПНОФОРМАТНЫЕ
 ПЛАНШЕТНЫЕ ПЛОТТЕРЫ,
 ГРАФОПОСТРОИТЕЛИ,
 КООРДИНАТОГРАФЫ



НАЦИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА», ПЛАНИРУЕМАЯ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ УКАЗА ПРЕЗИДЕНТА РФ ОТ 7 МАЯ 2018 Г № 204 «О НАЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ И СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД ДО 2024 ГОДА», ПРИЗВАНА ДАТЬ ИМПУЛЬС РАЗВИТИЮ В НАШЕЙ СТРАНЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНДУСТРИИ 4.0.

УМАТИ ШАГАЕТ ПО ПЛАНЕТЕ

Происхождение вошедшего в широкий обиход выражения «Индустрия 4.0» редко кто помнит. А если вернуться к истокам, то станет ясно, что проект Индустрия 4.0 — это один из десяти проектов «Стратегии высоких технологий–2020» Германии.

Цель проекта вполне прагматическая — нарастить конкурентоспособность немецкой индустрии с опорой на инновационные информационно-коммуникационные технологии. И если выражение «сделано в Германии» было равносильно утверждению «лучшее качество», то теперь родина Индустрии 4.0 ставит перед собой задачу стать лучшим поставщиком промышленного оборудования в глобальном масштабе.



ИНДУСТРИЯ 4.0 ЛОМАЕТ СТЕРЕОТИПЫ

Большие данные (Big Data), цифровизация, искусственный интеллект — вот главные атрибуты Индустрии 4.0. В ее основе лежит глубокая цифровая трансформация промышленности, предполагающая объединение возможностей современного Интернета с производственным оборудованием и средствами автоматизации, что на выходе наряду с гибкостью и эффективностью производства должно дать значительную трансформацию ценообразования и индивидуализацию продукции в условиях массового производства. Фабрики, машины, роботы и инструменты в режиме реального времени общаются друг с другом и благодаря машинному обучению на основе искусственного интеллекта становятся умнее, точнее, безопаснее. Технологии Индустрии 4.0 стирают границы между физическим и цифровым миром. Краеугольным камнем цифровизации экономики Германии с 2020 года станет новый стандарт мобильной связи 5G, которому отводится роль инструмента реализации потенциала Индустрии 4.0.

Индустрия 4.0 — это не только цифровая трансформация, но и изменение философии производства, в котором присутствует децентрализованное управление производственным оборудованием, объединенным в сеть. Индустрия 4.0 — это слом стереотипов. Возможна цифровизация старого оборудования, внедрение открытых

облачных платформ в старые машины и устройства, но невозможно старое мышление в новых системах. Как говорят эксперты, впереди Индустрия 4.0, но и мышление должно быть 4.0. Вопрос «какие технологии нам доступны и как использовать их в процессе создания добавленной стоимости, чтобы получить прибыль?» свидетельствует, как утверждают идеологи Индустрии 4.0, об устаревающем мышлении. Сегодня главный вопрос должен звучать так: «Чего хочет клиент?». Это означает, что в наращивании цепочек добавленной стоимости должно произойти объединение производителей и потребителей услуг в интернет-среде. То есть для развития компании необходимо в первую очередь сократить расстояние между компанией-производителем и потребителем, из поставщика продукции стать поставщиком решений.

ПОТЕНЦИАЛ ЕСТЬ. КАК РЕАЛИЗОВАТЬ?

Каждый из трех китов Индустрии 4.0 представляет собой мегатренд, внутри которого развиваются мощные инновационные технологии. Однако на пути продвижения достижений четвертой промышленной революции лежат проблемы, требующие решения. Промышленный интернет вещей (IIoT) — движущая сила объединения производственного оборудования в рамках Индустрии 4.0 — несет в себе риски информационной безопасности. Перенос больших данных на облака может повлечь за собой риски, связанные с защитой персональных данных, внутренних данных предприятия от разглашения и несанкционированного использования, от возможного хищения конфиденциальных данных о продукте или производственном процессе. Есть разногласия в оценке степени зрелости технологий, необходимых для реализации концепции Индустрии 4.0, инструментов управления умным производством. К примеру, популярная тема цифровых двойников лежит в двух параллельных плоскостях — в сфере практического использования и в сфере дискуссий о целесообразности. Причинами несоответствия результата ожиданиям могут оказаться недостаточный набор исходных данных или их некорректное введение, потому что между информационными и операционными технологиями может оказаться пресловутый человеческий фактор. Требуется не только построить надежный канал передачи данных, но и иметь дело с постоянными изменениями. Надо быть готовыми к тому, что ожидаемый эффект может оказаться несопоставимым с затратами на ИТ.

МИРОВОЙ СТАНДАРТ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СТАНКОВ

Очевидно, что преодолеть трудности можно только системной работой. Примеры уже есть. Как рассказал в интервью журналу «РИТМ машиностроения» д-р Виль-



д-р Вильфрид Шефер
(Wilfried Schäfer)

фрид Шефер (Wilfried Schäfer), исполнительный директор Союза немецких станкостроителей VDW, в 2016 году состоялось заседание правления VDW. Темой заседания стало обсуждение проблем, с которыми предстоит столкнуться при внедрении Индустрии 4.0. Естественным было задать себе вопрос: а что профессиональное сообщество станкостроителей может сделать, чтобы минимизировать издержки? Ответом на постав-

ленный вопрос стало решение VDW взять на себя разработку универсального интерфейса для станков, которые соединяются через этот универсальный облачный интерфейс. Работа стартовала в 2017 году. Проект получил название *umat* — Universal Machine Tool Interface с девизом «Объединяя мир станков». Его целью стало достижение открытого обмена данными на основе глобального стандарта взаимодействия OPC UA. Ядром проекта стали компании Chiron, DMG Mori, Emag, Grob, Heller, Liebherr-Verzahntechnik, Trumpf и United Grinding, которые выявили и дефинировали примерно 100 параметров и согласовали их на базе OPC UA. Как сказал д-р Шефер, «там всё — безопасная передача данных, новое программное обеспечение, умное производство, умный инструмент, умные комплектующие, искусственный интеллект, интернет-платформы, базы данных».

В процессе работы пришло понимание, что решение этой задачи не может быть чисто немецким проектом, потому что во всем мире тысячи клиентов покупают самые разные станки самых разных производителей, и поэтому надо разработать один общий стандарт, которому все могут следовать. VDW удалось не только сделать проект *umat* интернациональным, но и выйти на глобальный уровень. Проект поддерживается европейской ассоциацией CECIMO, в которую входят станкостроительные ассоциации 15 европейских стран, осуществляется сотрудничество с консорциумами ProdNet из Швейцарии, Edgescross из Японии, NCLink из Китая и EUMABOIS, объединяющей ассоциации производителей деревообрабатывающего оборудования европейских стран, идет интенсивный информационный обмен с ассоциациями Китая, Японии, Кореи, Тайваня, США и др.

К настоящему моменту 70 компаний из десяти стран подключили 110 машин и 28 услуг через стандартный бесплатный интерфейс *umat*, позволяющий производителям станков реализовать одно из требований Индустрии 4.0 — простой, быстрый и безопасный обмен данными. Это первая версия, которая была показана на выставке ЕМО–2019 в Ганновере. Контуров второй версии также обозначились. Дальнейшее развитие предполагает более 100 параметров, более 20 вариантов использования в качестве входных данных для процедуры информационного моделирования OPC UA.

ПОНИМАТЬ И БЫТЬ ПОНЯТЫМ

Как утверждает VDW, «нет лучшего средства связи, чем общепринятый язык. Это справедливо и для стан-

Umati сегодня

Инициативное ядро станкостроителей

CHIRON, DMG MORI, EMAG, HELLER, GF Machining Solutions, GROB, LIEBHERR-VERZAHNTECHNIK, PFIFFNER (FFG Group), TRUMPF, UNITED GRINDING GROUP AG

Поставщики контроллеров

B & R, BECKHOFF, Bosch Rexroth, HEIDENHAIN, FANUC, Mitsubishi Electric, SIEMENS

Станкостроители

Citizen*, Doosan*, EMCO*, Fives Landis*, Index, Hermle, Kapp, Makino*, OKUMA*, Profiroll Röders*, A. Schütte, SLM Solutions*, Vollmer-Werke.

Софт

Athena*, CNC Data*, IGH Infotec AG, inray Industrie Software

Конечные пользователи и другие

Balluff* Boers & Co FineMetalworking Group*, HAWE Hydraulik*, Oerlikon Burmag, Schunk Kohlenstofftechnik*, THK*, Volkswagen*

*) выразили интерес или прошли пререгистрацию для участия.

ков». Уже сегодня усилия *umat* по установлению мирового стандарта подключения станков дают возможность станкам и периферийным устройствам подключаться к ИТ-экосистемам* конкретного клиента, внутри или вне производственной среды, через открытый, универсальный интерфейс — простой, безопасный и безукоризненный при взаимодействии. *Umati* упрощает и сокращает усилия по подключению станков для конкретных ИТ-систем заказчика. Важнейшей особенностью *umat* является стандартизированная семантика, встроенная в информационную модель на основе открытого стандарта связи OPC UA. Кроме того, *umat* поддерживает специальные расширения для производителей и потребителей станков. VDW утверждает, что *umat* — это не поле для борьбы за преимущество на рынке, это поле для сотрудничества, для более эффективного использования ресурсов, увеличения добавленной стоимости и создания новых бизнес-моделей для отрасли.

ЧТО ВПЕРЕДИ?

Большое число компаний из разных стран поддерживает работу *umat* или выражает интерес к тому, чтобы к нему присоединиться. Скоро ли мы услышим имена российских компаний, пожелавших присоединиться к *umat*?

Зинаида Сацкая

* ИТ-экосистема означает взаимосвязь всех сервисов компании друг с другом

ИНДУСТРИЯ 4.0: ЧТО НОВОГО?

Многочисленные компании-разработчики, в основном зарубежные, массово и регулярно сообщают о новых решениях для Индустрии 4.0, демонстрируют перспективные образцы и внедрение продукции. Тема все чаще обсуждается в практическом аспекте. Создание новых инструментов для повышения производительности, гибкости, эффективности производств является важной задачей и стоит на повестке дня. Приведем примеры современных решений, призванных вывести станкостроение и технологии обработки материалов на новый уровень.

ПРЕДСТАВЛЕНО НА ЕМО

В обзоре прежде всего использована информация с сайта www.emo-hannover.de проходившей недавно ведущей выставки по металлообработке ЕМО–2019. В рамках специализированного раздела Industry 4.0 были продемонстрированы такие новые разработки, как интеллектуальные компоненты для мониторинга процессов или поддержки операторов, решения, обеспечивающие передачу данных с максимальной безопасностью, и многие другие.



КАК ЧУВСТВУЕТ СЕБЯ МАШИНА?

Специалист по автоматизации Balluff показал на выставке, как интеллектуальные датчики и данные, которые они передают напрямую с машин, могут значительно повысить производительность предприятия, например, путем предварительного планирования технического обслуживания и ремонта. Однако датчики компании теперь способны и на гораздо большее. Например, контроллеры теплового потока работают в прямом контакте с жидкой средой для определения ее расхода и температуры. Датчики давления не только предоставляют информацию непосредственно из гидравлической системы, но и собирают данные для мониторинга процесса и обнаружения ошибок. При использовании в измерении гидростатического уровня они также определяют постепенные изменения уровня и, таким образом, могут автоматически запускать процессы логистики и закупок. В дополнение были продемонстрированы новые блоки питания Heartbeat с диагностическими функциями. Они могут уведомлять пользователя через IO-Link в случае перегрузки, неблагоприятных

условий окружающей среды или неисправностей. И последнее, но не менее важное: Balluff стремится помочь компаниям начать работу с инструментами с автоматизированным управлением с помощью Tool ID — системы кодирования инструментов, которая использует промышленные RFID. Новая простая версия Tool ID предлагает экономичное решение начального уровня, которое может быть легко активировано в любое время и обещает удивить пользователей простым процессом установки и настройки.

УМНОЕ БУДУЩЕЕ

Интеллектуальные датчики и системные решения компании SICK демонстрируют, как оцифровка может быть применена в станках на практике. Чтобы сенсоры и машины могли обмениваться данными друг с другом и сделать процессы прозрачными, SICK предлагает целый ряд масштабируемых интеграционных решений. Например, Telematic Data Collector TDC-E — это система шлюзов для мультисенсорной сети, оснащенная опциями мобильной связи, обладающая расширенными функциями для сбора, обработки и передачи данных процесса. В то же время Sensor Integration Machine стремится открыть новые возможности для приложений в интеллектуальных станках как сегодня, так и в будущем благодаря функциональности шлюза IoT и адаптивной мультисенсорной интеграции. Эти два решения позволяют передавать данные, связанные с процессами, производством и бизнесом, непосредственно в полевые шины Ethernet или в облако.

Программный инструмент Integration Solutions FieldEcho имеет графический веб-интерфейс пользователя (GUI), разработанный для параметризации и мониторинга всех устройств IO-Link на станке или заводе. Улучшенный доступ и прозрачность данных IO-Link повышают гибкость и доступность, а простое подключение через сервер OPC-UA ПЛК обещает превратить FieldEcho в перспективное интеграционное решение.

НОВЫЙ КОНВЕРТЕР ПРОТОКОЛА

FBR 100AN компании Silex Technology — новое компактное устройство, которое позволяет производителям станков и операторам собирать свои рабочие данные и передавать их в хост-систему через подключение по локальной сети или Wi-Fi, что, как сообщается, может улучшить рабочие процессы и снизить затраты на обслуживание. Устройство также служит конвертером протоколов для перевода различных машинных языков в стандартный формат OPC UA umati.

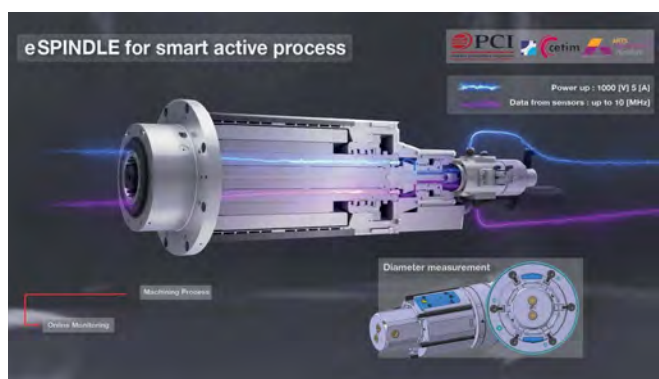


ШПИНДЕЛЬ ПОД КОНТРОЛЕМ

Большинство простоев станка можно предотвратить, не допуская неисправности шпинделей, основными причинами которых являются столкновения и постоянные, но необнаруженные перегрузки. Новая система мониторинга SpindleSense от Schaeffler направлена на решение этих проблем. Система датчиков, встроенная в подшипник шпинделя, измеряет смещение вала шпинделя под

нагрузкой с очень высоким разрешением и в пяти направлениях — три поступательных и два вращательных. Если отклонения, измеренные на элементах качения, превышают критический порог, кольцо датчика передает электрический предупредительный сигнал в систему управления станка. Порог основан на оценке параметров подшипников, связанных с работой, таких, как сжатие, отношение вращения/крена и зазор в каркасе каркаса, и устанавливается индивидуально для каждого типа шпинделя и станка. Первые готовые к серийному производству сенсорные кольцевые блоки SRS, включая радиальные и осевые измерительные кольца с внутренним диаметром 70 миллиметров, были продемонстрированы на выставке.

НОВЫЙ ЭЛЕКТРОШПИНДЕЛЬ



Компания PCI SCEMM разработала в сотрудничестве с AMVALOR и Cetim новый электрошпиндель e-SPINDLE, который, как сообщается, включает в себя все необходимое для максимально точного мониторинга процесса резки и реагирования в режиме реального времени. На выставке были представлены три приложения интеллектуальной обработки для концепции e-SPINDLE: держатель инструмента для мониторинга процессов резания, который определяет силы, вибрации и давление смазочно-охлаждающей жидкости; держатель инструмента для адаптивного вибрационного сверления, который контролируется пороговыми значениями силы; и хонинговальный держатель инструмента, который в реальном времени выполняет измерения диаметра заготовки, чтобы он мог контролировать положение активных частей.

ПИЛОТНЫЙ ПРОЕКТ

До недавнего времени разработка крупных станков обычно выполнялась в следующей последовательности. Пока прототип разрабатывался и создавался, программное обеспечение разрабатывалось одновременно, а процессы и рабочие процессы объединялись и оптимизи-



зировались только при вводе в эксплуатацию. Однако этот подход в корне меняется с появлением цифрового близнеца. При использовании следующего поколения технологии ЧПУ Sinumerik ONE, впервые представленной компанией Siemens для публики на EMO Hannover 2019, все процессы разработки могут быть заранее отображены в виртуальной среде. Siemens приводит следующий пример: пока машина производится, управляющее программное обеспечение не только написано, но и протестировано в виртуальном мире.

Являясь специалистом в области станков и пилотным клиентом Siemens, Heinrich GEORG GmbH уже внедрила цифровой близнец в формате Sinumerik ONE для двух своих станков — шлифовального GEORG ultragrind SG2 и фрезерного GEORG ultramill H с подвижной колонной. Компания стремится постепенно предлагать новые станки с этой новой технологией управления, которая с самого начала ориентирована на оцифровку.

Я УВЕЛИЧИВАЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ!

Первое место среди экспонатов DP Technology заняла новая система ESPRIT CAM, основанная на искусственном интеллекте. Новая технология предназначена для упрощения процессов программирования и повышения производительности машин в цехах. Запатентованная система также распознает машины, опираясь на информацию от цифрового близнеца станков с ЧПУ, инструментов и приспособлений. По мнению разработчика, эти новые достижения являются результатом 35-летних инноваций.

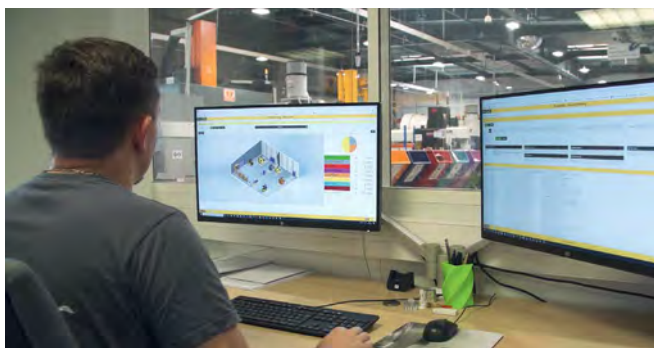
ИНТЕГРАЦИЯ

Новый модуль 4.0 DMT Drehmaschinen GmbH & Co. KG — решение для интеграции токарных станков компании в интеллектуальные производственные процессы — было разработано в качестве идеального дополнения к устройству удаленного доступа FZM18, выпущенному только в прошлом году. Новый «Модуль 4.0» дебютировал на EMO Hannover, где компания принимала предварительные заказы на токарные станки, оснащенные этим нововведением.

ОТКРЫТЫ ДЛЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ

FANUC начинает полномасштабный европейский запуск своей платформы IIoT — системы FIELD (FANUC Intelligent Edge Link and Drive). Платформа открытая и предназначена для объединения производственных машин разных производителей и поколений на одном заводе. Другая особенность: система FIELD собирает и анализирует машинные данные непосредственно на месте без предварительной передачи их в облако. Возможность немедленной обработки данных на заводе ускоряет производственный процесс, обеспечивая заметное повышение эффективности. Когда дело доходит до хранения, система FIELD является единственной платформой IIoT, которая позволяет пользователям выбирать между хранением данных на заводе или загрузкой их во внешнее облако.

Кроме того, следует упомянуть систему удаленного мониторинга оборудования MT-LINKi от FANUC. Как сообщалось в пресс-релизе компании, это ПО для ПК, позволяющее соединять не только станки с ЧПУ и роботы FANUC, но и другие периферийные устройства и оборудование с другими системами ЧПУ и контроллерами. MT-LINKi имеет масштабируемую системную архитектуру.



ру. Сбор данных осуществляется с помощью специального ПО Collector для ПК, данные хранятся на ПО Server. Один сервер MT-LINKi может обслуживать до 100 машин. Серверный ПК также предоставляет веб-интерфейс пользователя для доступа к данным и их визуализации с любого ПК или планшета с помощью браузера. Для небольших систем с небольшим количеством компьютеров ПО Collector PC и ПО Server PC может работать на одном стандартном ПК.

ДВОЙНИК ДЛЯ ИНСТРУМЕНТА

Компания Oerlikon Balzers представила инновационное решение для цифрового покрытия, состоящее из цифрового двойника режущего инструмента, в котором хранятся все соответствующие данные, такие как используемое покрытие, качество, количество циклов восстановления и протоколы измерений. Полученная прозрачность в истории инструмента дает клиентам ряд преимуществ. Также Oerlikon Balzers показала специально разработанное приложение, которое предлагает 24/7 помощь в реальном времени пользователям по всему миру, когда у них есть вопросы о системе покрытий или услугах по их нанесению.

ПОВОРОТ К ЛУЧШЕМУ

Piezo Tool System (PTS) — это инновационное решение для мониторинга инструментов от Группы компаний Kistler, которое она разработала совместно с Paul Horn GmbH. PTS предназначена для измерения силы резания в реальном времени и использования этих данных для предоставления информации о сроке службы инструментов или режущих пластин. По словам разработчиков, новое решение идеально подходит для использования в процессах микрообработки. Одна из причин этого заключается в том, что альтернативные методы измерения, такие как контроль шпинделя, не дают полезных результатов из-за минимальных отклонений в мощности привода, измерение структурного звука не дает согласованных результатов для небольших деталей, визуальные решения исключаются из-за использования охлаждающих смазок и высоких скоростей вращения в процессе обработки.

ВНИМАНИЕ К ЦИФРОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

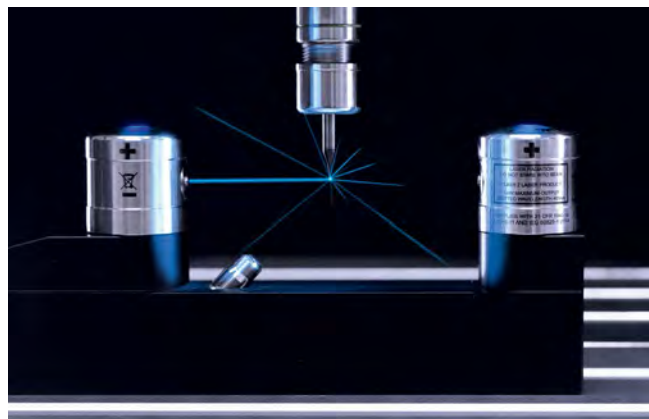
В числе ключевых продуктов компании Sandvik Coromant, представленных на выставке, различные решения на платформе CoroPlus®, позволяющие соединить процессы проектирования, планирования и обработки, а также обеспечить анализ производственных процессов и их оптимизацию. Гости стенда ознакомились также с Coromant Capto® DTH Plus — цифровым приводным инструментальным блоком, который позволяет

выполнять точное прогнозирование необходимости сервисного обслуживания оснастки, и обновленным ПО — CoroPlus® ToolPath для PrimeTurning™, разработанным для оптимизации производственных процессов. Данное программное обеспечение призвано помочь заказчикам, применяющим технологию PrimeTurning™, ускорить процессы планирования и выполнения операций. Теперь ПО позволяет импортировать CAD-модели и проводить 3D-симуляции с определением столкновений.

Еще одним программным решением компании стал сервис CoroPlus® ToolGuide. С его помощью пользователь получает рекомендации по выбору инструмента и режимов резания в зависимости от указанных им данных — материала заготовки и типа операции. Последняя версия включает также рекомендации для расточного инструмента.

В заметке использована информация с сайтов <http://tverdysplav.ru/> и www.sandvik.coromant.com/

ГОЛУБАЯ СИСТЕМА



Новая система NC4+ Blue является последней версией бесконтактной системы настройки инструментов Renishaw. NC4+ Blue использует синюю лазерную технологию — впервые в отрасли — и улучшенную оптику. По сравнению с источниками красного лазера, используемыми в большинстве подобных систем, технология синего лазера имеет более короткую длину волны, что приводит к улучшенным эффектам дифракции и оптимизированной геометрии лазерного луча. Это позволяет точно измерять даже очень маленькие инструменты, а также сводит к минимуму ошибки измерения между инструментами.

РАЗУМНАЯ СМАЗКА

SmartControl — новое полностью автоматизированное решение для интеллектуального управления жидкостями для металлообработки от компании Castrol. Оно работает за счет интеграции технологии охлаждающих смазок XVB от Castrol с передовой технологией Industry 4.0 в форме мониторинга состояния в режиме реального времени, что позволяет оптимизировать управление и минимизировать ошибки. SmartControl непрерывно измеряет концентрации, значения pH, проводимости, температуры и объемные скорости потока жидкости для металлообработки и при любом отклонении от спецификации немедленно предупреждает ИТ-службы компании и производства. Поскольку SmartControl не требует ручного отбора проб, не тратится время на доставку образцов в лабораторию и, следовательно, нет задержек из-за поздней отправки отчета.

В РОССИИ

Несмотря на то, что целый комплекс неразрешенных экономических, технологических, кадровых, логистических проблем в нашей стране не вызывает среди ряда опрошенных специалистов оптимизма в разговорах о «высоком», все-таки и у нас происходят события, о которых стоит рассказать. Вот некоторые из последних новостей.

ДИСПЕТЧЕР КОНТРОЛИРУЕТ

«Трансмашхолдинг» до конца 2020 года подключит к системе мониторинга промышленного оборудования «Диспетчер» 1100 станков. Это первая часть комплексного плана цифровизации предприятий холдинга.

Первыми к «Диспетчеру» были подключены Новочеркасский электровозостроительный и Тверской вагоностроительный заводы. В настоящее время система контролирует работу 762 станков. Показатели эффективности (коэффициент загрузки) и производственные данные (время производства, простои) по предприятию в целом и с детализацией по подразделениям, станкам и работникам поступают в реальном времени напрямую руководству, что положительно влияет на скорость и эффективность управленческих решений. Благодаря построенному мониторингу и в целом цифровым инициативам, реализуемым совместно с компанией «2050-Интегратор», на НЭВЗ увеличилась загрузка оборудования и выросла производительность труда, при этом сократились аварийные простои.

В поле проекта помимо НЭВЗ и ТВЗ также входят Коломенский завод и Брянский машиностроительный завод. Параллельно с подключением планируется расширение функционала системы: будет добавлена вибродиагностика и разработана математическая модель для предсказания отказов, что позволит перейти к предикативному техобслуживанию оборудования.

www.computerworld.ru

УМНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИНСТРУМЕНТОВ



На столичном предприятии «Салют» АО «ОДК», которое более 100 лет производит авиадвигатели, появилось новое решение Индустрии 4.0 — система электронной идентификации и прослеживания состояния протяжных инструментов. Программное обеспечение для нового решения разработало отечественное ФГУП «ГосНИИАС».

Теперь найти любой инструмент и узнать о степени его изношенности можно будет в режиме реального времени. По оценке специалистов, это позволит на 20% сократить покупку нового оборудования. «Одно из важных достоинств системы идентификации состоит в том, что она позволяет дать адекватную оценку качественных характеристик протяжек, — отмечает главный инженер ПК

«Салют» Юрий Нуртдинов. — Собирая все необходимые данные с помощью нашей системы, мы можем установить, почему на одной из партий большая степень износа, что на это повлияло: материал, человеческий фактор или что-то другое».

<http://ekogradmoscow.ru/>

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК В ДЕЙСТВИИ

На форуме «ИННОПРОМ–2019» компаниями CADFEM CIS и «Фабрика цифровой трансформации» был представлен цифровой двойник на базе насосной установки. Он создан на IoT-платформе PTC Thingworx с применением собственной методики «Фабрики цифровой трансформации», позволяющей одновременно использовать системную модель на основе физических процессов и модель машинного обучения. Цифровой двойник работает одновременно с реальным насосом и полностью повторяет все его рабочие режимы, а также позволяет на самых ранних стадиях выявить любые отклонения в работе оборудования.

<https://digitaltwin.ru>, <https://ict2go.ru>

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Объем российского рынка искусственного интеллекта по итогам 2019 года составит \$139,3 млн, при этом до 2023 года инвестиции в эти технологии будут расти на 30% ежегодно. Такую оценку привели эксперты IDC в исследовании «Рынок искусственного интеллекта в России», проведенном при поддержке АBBYY. В исследовании участвовало более 200 представителей крупного бизнеса. Наиболее востребовано применение ИИ для интеллектуальной обработки данных, автоматизации службы поддержки, а также создания цифровых помощников для сотрудников, работающих с информацией. Эксперты IDC относят к ИИ программы и решения, которые имитируют человеческое поведение и способны самообучаться, выявлять причины и корректировать свои действия.

<http://www.robogeek.ru/>

КОНКУРСНЫЙ ОТБОР

Минпромторг РФ уже во второй раз запустил конкурсный отбор в рамках федерального проекта «Цифровые технологии». По итогам первого этапа из 178 представленных проектов для дальнейшей научно-технической экспертизы был выбран 61 проект, сообщили РИА Новости в пресс-службе АНО «Цифровая экономика».

По итогам конкурса проекты получают право на субсидию из федерального бюджета до 50% затрат на разработку промышленных цифровых платформ для создания или развития производства высокотехнологичной промышленной продукции. К их числу относится разработка различных цифровых платформ промышленного интернета вещей и анализа больших данных, машинного зрения и дополненной реальности, программных продуктов для создания высокопроизводительных гибридных систем хранения данных, различных технологий «умного» производства и другие. «Непосредственно на разработку промышленных цифровых платформ в 2019 году планируется направить 2 миллиарда рублей субсидий из федерального бюджета», — прокомментировал директор по направлению «Цифровые технологии» АНО «Цифровая экономика» Сергей Наквасин.

<https://ria.ru>

Обзор новостей подготовила Татьяна Карпова

ИНДУСТРИЯ 4.0: ОТ ИНИЦИАТИВЫ К РЕАЛИЗАЦИИ

Интеграция киберфизических систем в производственные процессы ознаменовала приход четвертой промышленной революции. Об этом процессе впервые заговорили в Германии в 2011 году как о средстве, существенно повышающем конкурентоспособность предприятий. Тогда же появился термин «Индустрия 4.0» как синоним четвертой промышленной революции.

Что же представляет собой «умное производство» на основе концепции Индустрии 4.0 сегодня и в чем его принципиальные отличия?

Традиционное производство состоит из нескольких последовательных процессов, которые слабо взаимодействуют друг с другом. На этапе подготовки производства зачастую получение данных об инструменте и режимах резания осуществляется вручную. Эта работа не только отнимает много времени, но и увеличивает риск ошибки. Например, создание модели инструмента для САМ-симуляции часто означает использование данных, которые берутся с простого чертежа, онлайн-ресурсов, каталогов и прочих источников.

На производстве эпохи четвертой промышленной революции все этапы создания продукта интегрированы в единое цифровое пространство и взаимодействуют между собой. Изготавливаемая деталь проектируется с помощью передовой аналитики на основе данных и опыта, полученных из совокупности источников. Виртуальная модель инструмента вместе со всеми необходимыми данными доступна на всех этапах процесса, что формирует идеальную цифровую среду, в точности повторяющую реальное производство; в результате симуляция и подготовка выполняются быстрее и точнее.

Основные преимущества современного «умного» производства перед традиционным — повышение стабильности работы станочного оборудования на 35% благодаря передовой аналитике данных и оптимизации процессов обработки, а также более эффективный съем металла благодаря возможности выбрать оптимальный инструмент и адаптировать траекторию и режимы резания к фактическим условиям обработки. Не меньше впечатляет возможность регистрировать и анализировать в реальном времени, а также хранить на 75% больше объема данных о процессе обработки для его оптимизации.

Дополнительным, но немаловажным достоинством выступает повышение экологичности в два раза за счет снижения затрат энергии, большая часть которой в дальнейшем используется для обработки.

В 2019 году ярким примером современного производства, которое соответствует концепции Индустрии 4.0, выступает завод по производству инструмента Sandvik Coromant в городе Гимо (Швеция).

Высокая степень автоматизации позволяет в полной мере использовать многочисленные преимущества цифровизации. Этот факт был отмечен на Всемирном экономическом форуме, где завод в Гимо был включен в список предприятий-маяков. Список подобных предприятий пополняется по итогам оценки более чем 1000 производителей в контексте успешного внедрения цифровых технологий и наличия ощутимых результатов их применения.

Согласно данным, представленным на ВЭФ, произ-

водственный цикл на заводе в Гимо реализован в виде цифрового потока, что позволило существенно повысить производительность труда. Одним из примеров такого подхода стала бесконтактная переналадка, осуществляющая автоматическое изменение шаблонов проектирования даже во время безлюдных смен. Традиционно изменение шаблонов проектирования производственных модулей производилось вручную, а операторы дневных смен готовили станки к работе в ночное время. Это отнимало время и ресурсы, а также накладывало ограничения в периоды безлюдных смен. Решением проблемы стало инвестирование в систему интеллектуальной автоматизации с высокоподвижными роботами, станками, инструментами и приспособлениями — всем тем, что позволило реализовать бесконтактную переналадку, не требующую контроля со стороны человека.

Начало цифровизации в Гимо было положено 30 лет назад, когда были внедрены системы параметрического моделирования на базе CAD/CAM, а несколько лет спустя они были подключены к системе интеллектуальной автоматизации Sandvik Coromant. Таким образом был создан первый цифровой поток производственного процесса. Это явилось скорее эволюцией, чем революцией.

На сегодняшний день цифровые потоки реализованы в масштабе всего завода, начиная со складского учета и закачивая мониторингом производительности оборудования и предиктивным техническим обслуживанием. Стремление к инновациям всегда было приоритетным направлением работы Sandvik Coromant. В конечном итоге речь идет об использовании технологий для повышения эффективности производства и конкурентоспособности завода. А это, в свою очередь, позволяет добиться устойчивых результатов в будущем.

В Гимо цифровые технологии находят свое применение и в других областях, например, в области технического обслуживания. Сейчас все больше единиц оборудования оснащается датчиками, которые собирают данные по множеству параметров, количество которых неуклонно растет. Среди таких параметров: давление, температура, показатели вибрации и акустики. Эти данные подвергаются тщательному анализу, что позволяет выявлять проблемы и модели поведения до наступления вынужденного простоя.

Сейчас инженеры осуществляют сбор данных в масштабах всего производственного предприятия. Данные поступают от роботов, станков с ЧПУ и даже от режущего инструмента. После извлечения и анализа таких данных появляется полная картина текущего состояния оборудования. Эта информация, в свою очередь, позволяет прогнозировать и предотвращать отказы оборудования, а значит, способствует повышению эффективности работы завода в целом.

Помимо этого все большее распространение на предприятиях Sandvik Coromant получает аналитическая обработка данных в режиме реального времени, благодаря которой становится возможной более точная и своевременная настройка оборудования.

Следующий этап — это применение искусственного интеллекта и машинного обучения, когда машины будут использовать ретроспективные данные и осуществлять частичный самоконтроль.



CoroDrill® DS20

Так выглядят ИННОВАЦИИ

После нескольких лет исследований, разработок и испытаний у заказчиков мы убедились – CoroDrill® DS20 действительно лучшее сверло со сменными пластинами для обработки неглубоких отверстий среди всех решений, представленных на рынке.

Для него были разработаны новые конструкции как корпуса, так и режущих пластин. Это сверло обеспечивает превосходную надёжность и прогнозируемость обработки, а также высокую минутную подачу при глубине сверления 4–7×DC. CoroDrill® DS20 – первое сверло со сменными пластинами для сверления на глубину до 7×DC. Оно не требует получения пилотного отверстия, что сокращает длительность обработки и себестоимость отверстий.

Мы с гордостью представляем новый эталон сверла со сменными пластинами – CoroDrill® DS20.

www.sandvik.coromant.com/corodrillds20

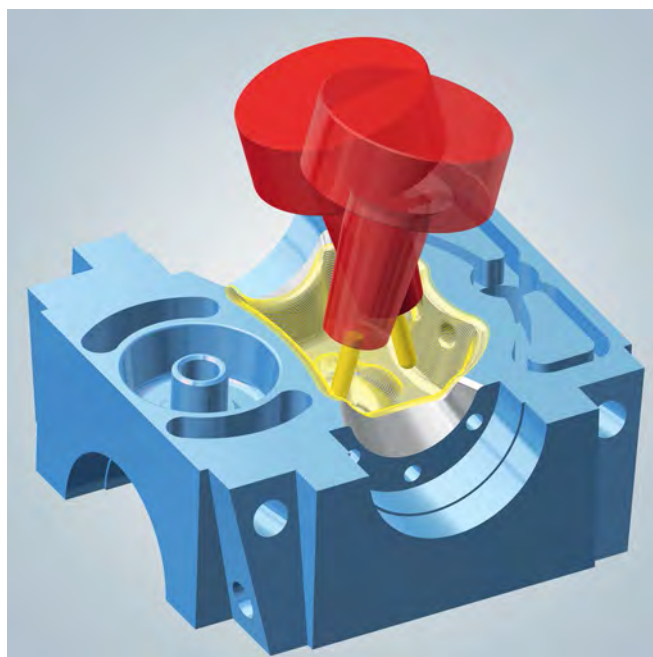
SANDVIK
Coromant

ФАКТОР УСПЕХА CAM-СИСТЕМЫ

Основным условием для производства высококачественной продукции и достижения экономического успеха помимо современного станочного парка является правильный выбор инновационного CAM-решения. В CAM-системе генерируется программа ЧПУ, качество которой напрямую влияет на результат обработки изделий. Она должна поддерживать прямые интерфейсы для взаимодействия со всеми основными CAD-системами и базами данных инструментов, а также благодаря связи со станком обеспечивать обмен данными в соответствии со стандартами концепции «Индустрия 4.0».

CAM-система должна...

- предлагать комплексное решение для всех видов обработки: токарная обработка, фрезерование (HSC, HPC, 2,5D-, 3D- и 5-осевая обработка), сверление, электроэрозионная обработка, электроэрозионная резка проволокой
- поддерживать операции обработки на гибридных станках (например, операции фрезерно-токарной обработки)
- существенно упрощать программирование (технология фитчеров и макросов, цветовой анализ)
- располагать оптимизированными стратегиями черновой и чистовой обработки
- поддерживать новые, инновационные технологии и виды инструментов
- предлагать расширенные автоматические функции моделирования и проверки процесса обработки (соотношение между функциями моделирования работы станка и распознавания столкновений около 1:1), дополненные виртуальной производственной средой для повышения качества планирования и разработки проектов
- обеспечивать высокую надежность процессов с помощью функций распознавания и предотвращения столкновений
- интегрироваться в технологическую цепочку (CAD, PLM, цех, станок)
- полностью отображать технологическую цепочку и предлагать средства программирования в одном пользовательском интерфейсе
- обеспечивать высокий уровень автоматизации и эффективное программирование деталей с повторяющейся геометрией, а также обеспечивать простую интеграцию стандартов предприятия



Современное CAM-решение предлагает производителям штампов и пресс-форм обширную поддержку — от 2,5D-обработки карманов и 3D-стратегий для обработки фасонных поверхностей до инновационных 5-осевых стратегий для обработки сложных поверхностей произвольной формы и полостей. Кроме того, CAM-система должна охватывать такие технологии производства, как электроэрозионная обработка и электроэрозионная резка проволокой. Существенного повышения эффективности производства можно добиться путем оптимизации стратегий обработки. По сути, для этого требуется CAM-решение, которое позволяет в полной мере использовать возможности станка и инструмента, учитывает имеющееся периферийное оборудование и обеспечивает максимальную надежность процессов. Качество CAM-системы, используемой в производстве штампов и пресс-форм, можно оценить по ряду критериев.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЛАГОДАРЯ *hyperMILL*®

Широкие возможности для оптимизации металлорежущего производства кроются на этапах, предшествующих машинной обработке. CAM-решение *hyperMILL*®, предлагаемое компанией OPEN MIND, считается одним из пяти лучших решений, применяемых на стыке инженерного проектирования и производства.

Компания OPEN MIND обладает проверенным на практике ноу-хау в области производства штампов и пресс-форм (обработка пластмасс, обработка листового металла и формование), которое используется для изготовления пресс-форм для литья под давлением и литейных пресс-форм, а также штамповочных и формовочных инструментов. Эти знания позволяют компании OPEN MIND постоянно совершенствовать программное обеспечение CAD/CAM и постпроцессоры. Ниже приводится описание некоторых технологий и решений, которые находят применение прежде всего в производстве штампов и пресс-форм.

Программное обеспечение CAM *hyperMILL*® предлагает широкий выбор стратегий обработки — от 2,5D-,

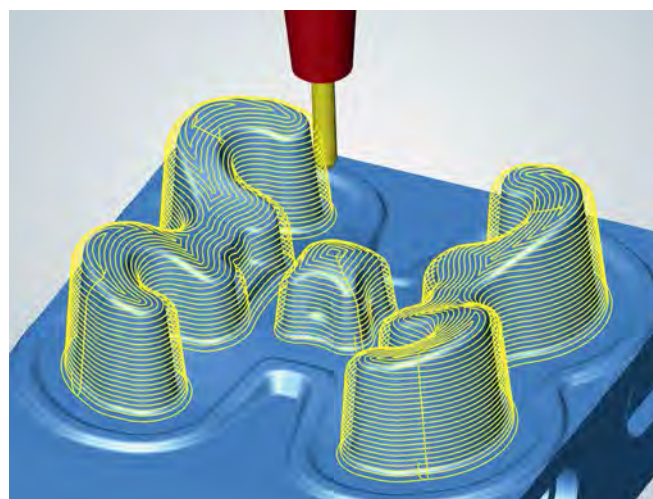
3D-стратегий и решений для высокоскоростного (HSC) и высокопроизводительного (HPC) фрезерования до 5-осевой обработки, фрезерно-токарной обработки и целого ряда специальных решений, позволяющих получать поверхности высокого качества. Кроме того, оно включает в себя множество функций, позволяющих в значительной степени автоматизировать программирование. Благодаря обработке изделия с использованием всего одной программы CAM и одного постпроцессора для всех операций сверления, токарной и фрезерной обработки обеспечивается непрерывность процессов, сокращается время обработки и повышается надежность. CAD-решения, интегрированные CAD-системы и специально разработанные под конкретные задачи постпроцессоры дополняют ассортимент продукции компании OPEN MIND.

Бесперебойный обмен данными

hyperMILL® поддерживает большое количество CAD-интерфейсов, которые обеспечивают бесперебойный обмен данными. Он позволяет быстро и безопасно считывать различные данные CAD, чтобы подготовить их для последующей фрезерной обработки. Помимо стандартных интерфейсов для импорта данных, таких как, например, IGES, Parasolid и STL, *hyperMILL*® также поддерживает прямые интерфейсы для взаимодействия с ведущими CAD-системами, например, с системами Siemens NX и JT или CATIA V4 и V5. Для экспорта обработанных данных используются такие нейтральные форматы, как IGES, STEP, STL, DXF/DWG или облако точек.

Полная интеграция *hyperMILL*® с системами PLM

Для более крупных предприятий по производству штампов и пресс-форм, которые хотят объединить все данные об изделиях и процессах (включая технологические данные ЧПУ) в единой системе управления жизненным циклом (PLM), *hyperMILL*® предлагает необходимые интерфейсы для взаимодействия с ведущими системами PLM, такими как Teamcenter, ENOVIA, Windchill или SAP PLM. Таким образом, CAM-система позволяет объединить участвующие в производстве дисциплины и интегрировать все процессы CAD, CAM и ЧПУ.



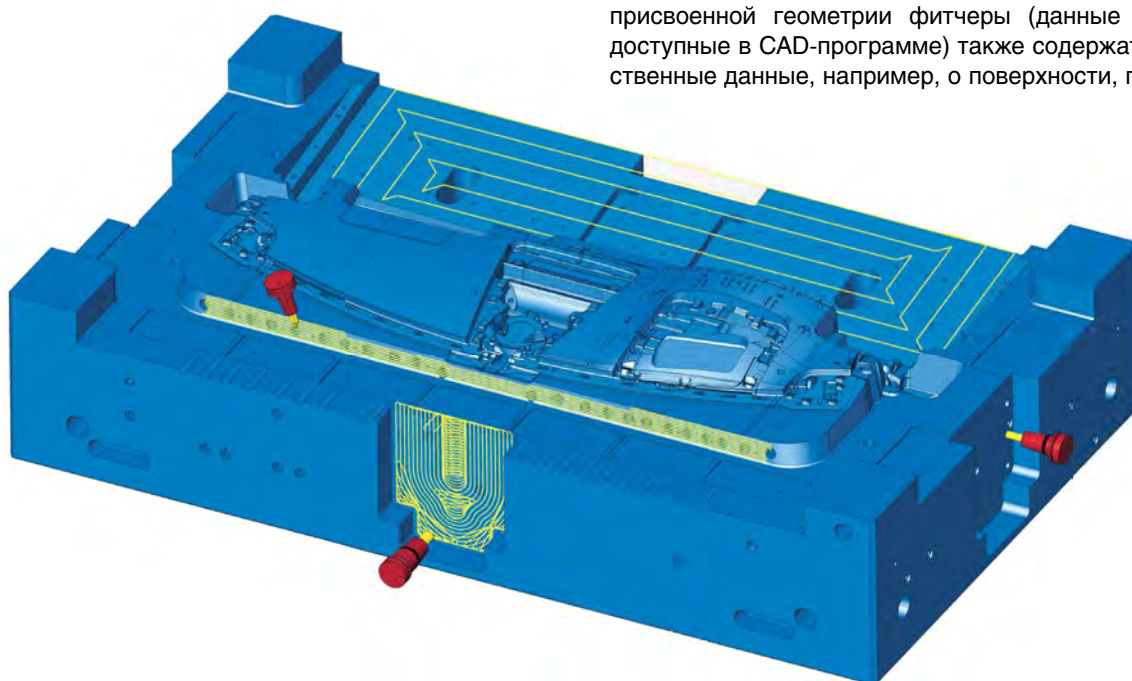
База данных инструментов

Помимо этого *hyperMILL*® предлагает интерфейсы для взаимодействия с основными системами управления инструментами. После выбора инструмента в системе управления инструментами данные экспортируются в нейтральном формате и импортируются в CAM-систему *hyperMILL*®. После автоматического считывания пользователю становится доступной вся информация об инструменте, включая технологические данные, необходимые для создания CAM-программы. Перед обработкой карты настройки инструментов передаются обратно в систему управления инструментами, что позволяет собрать реальные инструменты с помощью информации из этих карт.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

hyperMILL® предлагает большой выбор решений для автоматизации, которые позволяют существенно сократить время, затрачиваемое на программирование, и время работы станка.

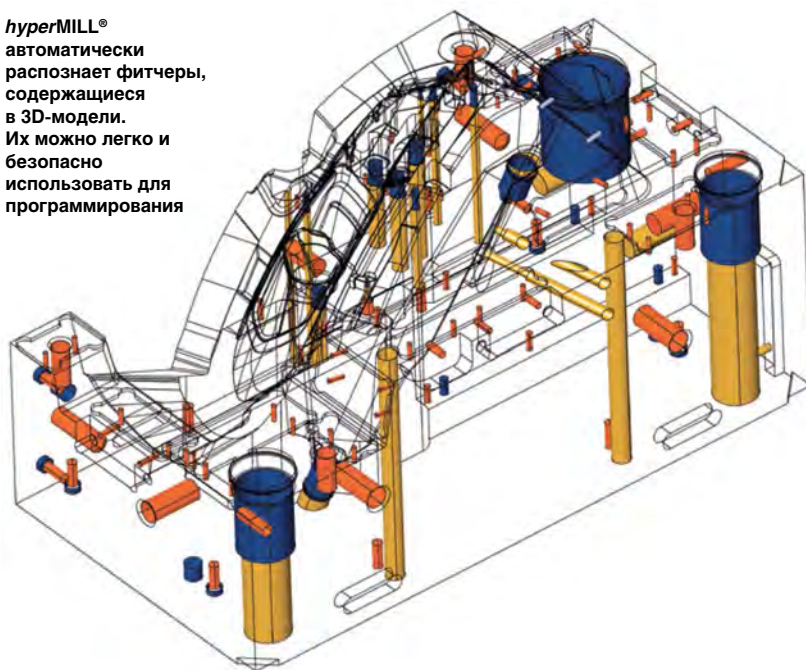
В основе этих решений лежит технология фитчеров и макросов, которая реализована в *hyperMILL*® в едином пользовательском интерфейсе. Помимо данных присвоенной геометрии фитчеры (данные геометрий, доступные в CAD-программе) также содержат производственные данные, например, о поверхности, глубине или



Преимущества автоматизации

- Повышение эффективности за счет сокращения времени обработки и программирования
- Улучшение качества благодаря повышению надежности процессов (возможность стандартизации)
- Возможность разработки индивидуальных методов обработки и рабочих операций
- Защита ноу-хау предприятия
- Расширение индивидуальных ресурсов и ресурсов предприятия за счет упрощения программирования

hyperMILL® автоматически распознает фитчеры, содержащиеся в 3D-модели. Их можно легко и безопасно использовать для программирования



начальной точке. Они определяются один раз, после чего им можно будет назначить соответствующую стратегию обработки.

Специальный вид фитчеров — Customized Process Features — позволяет задавать общие производственные стандарты для нескольких однотипных геометрий. При этом пользователь определяет рабочие операции и сохраняет их в качестве технологических макросов, чтобы в дальнейшем снова использовать их для выполнения аналогичных задач обработки. Основой для этого служит процесс-ориентированное связывание типовых геометрий с произвольно определяемыми последовательностями различных стратегий обработки.

В сочетании с реализованной в *hyperMILL®* технологией фитчеров макросы объединяют стратегии обработки и инструменты, используемые для обработки фитчеров. Макросы можно сохранить в базе данных макросов так, чтобы пользователь в любой момент имел возможность запросить их и присвоить одному или нескольким фитчерам. Кроме того, с помощью интеллектуальных макросов можно задать определенные правила и условия для каждой операции обработки. На основе этих правил и в зависимости от таких данных геометрий, как диаметр, глубина, открытые или закрытые карманы, программа автоматически назначает и корректирует операции обработки. Это значит, что макросы содержат все операции обработки, которые могут понадобиться, однако назначаются только те операции обработки, которые требуются в данном конкретном случае.

Помимо всего прочего *hyperMILL®* предлагает функцию связывания заданий, позволяющую значительно повысить эффективность за счет автоматизации. Функция связывания заданий позволяет объединять несколько рабочих операций, выполняемых одним и тем же инструментом, в одну операцию, проверенную на столкновения и оптимизированную с учетом особенностей траектории движения инструмента. Функции отражения и трансформации уже запрограммированных участков детали рекомендовали себя прежде всего при проектировании симметричных элементов. При проектировании элементов с одинаковой левой и правой стороной эти функции

позволяют дублировать программу и симметрично применять ее на всех осях обработки, что существенно упрощает процесс создания таких элементов.

О КОМПАНИИ OPEN MIND Technologies AG

OPEN MIND Technologies AG является одним из самых востребованных в мире производителей высокоэффективных CAM-решений для программирования оборудования с ЧПУ любой сложности.

Решения OPEN MIND очень удобны и включают целый спектр инновационных технологий, позволяющих повысить эффективность программирования и последующей фрезерной обработки. *hyperMILL®* — среда для подготовки программ ЧПУ, включающая стратегии 2,5D-, 3D-, 5-осевого фрезерования, фрезерно-токарной обработки, HSC и HPC. Благодаря совместимости практически со всеми CAD-решениями и высокой степени автоматизации программирования *hyperMILL®* позволяет решать практически любые задачи.

Согласно отчету «NC Market Analysis Report 2019» от CIMdata, OPEN MIND входит в пятерку крупнейших мировых производителей CAD/CAM-решений. Системы CAD/CAM от OPEN MIND способны удовлетворить высочайшие требования автомобильной, аэрокосмической и машиностроительной промышленности, находят применение при изготовлении инструментов, пресс-форм и медицинского оборудования. OPEN MIND имеет широкую сеть филиалов в Азии, Европе и Северной Америке, входит в группу компаний Mensch und Maschine.



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

ТЕХНОЛОГИЯ CASTROL XBB

БЕЗОПАСНОСТЬ
БЕЗ КОМПРОМИССОВ
БЕЗ БИОЦИДОВ
БЕЗ БОРА



Более 100 лет Castrol производит и поставляет высокоэффективные смазочные материалы и технологические жидкости для промышленного оборудования. Инженеры Castrol осознают, какую ценность для машиностроительных предприятий представляет возможность высококачественной, безопасной, экономичной обработки металлов. Именно поэтому наши специалисты разработали широкий спектр смазочно-охлаждающих жидкостей, включая две новые линейки на базе инновационной технологии Castrol XBB.



Частицы обрабатываемого металла могут приводить к нарушению стабильности эмульсии как сами по себе, так и являясь очагами для размножения микроорганизмов. Новые продукты линейки Hysol содержат компоненты, позволяющие сохранить стабильность жидкости длительное время даже в таких условиях

Преимущества

- Не содержит хлор, бор и выделяющие формальдегид вещества
- Содержит компоненты, способствующие улучшению качества поверхности наряду с увеличением стойкости инструмента
- Отличается высокой механической и биологической стабильностью
- Характеризуется низким вспениванием (при соблюдении рекомендаций для смешения эмульсии, учитывающих качество используемой воды)
- Обеспечивает отличное смачивание
- Не оказывает влияния на поверхности оборудования и оснастки

Спецификации и одобрения: Airbus: AIMS12-10-000 (technical specification); AIMS12-1C-001 (material specification); Safran Group: D-180516-03944; BAMS 569-001 Version B



При обработке алюминия и его сплавов, включая авиационные, существует тенденция к образованию наростов на режущем инструменте и изменению его геометрии. Композиция линейки Alusol XBB, разработанная с целью увеличения срока службы инструмента, обеспечивает чистоту инструмента и деталей одновременно с улучшением качества обрабатываемой поверхности.

Преимущества

- Высокоэффективная полусинтетическая смазочно-охлаждающая жидкость
- Не содержит бор, хлор и выделяющие формальдегид вещества
- Компоненты, входящие в ее состав, способны улучшить эффективность обработки в сочетании с улучшением качества обрабатываемой поверхности
- Демонстрирует превосходную стабильность

Спецификации и одобрения: Safran Group: D-1104*6-03004

СИНТЕТИЧЕСКИЕ СОЖ CASTROL SYNTILO

Смазочно-охлаждающие жидкости Castrol с успехом используются ведущими мировыми производителями. Продукты линейки синтетических водосмешиваемых СОЖ Castrol Syntilo по биостойкости и механической стабильности значительно превосходят жидкости с содержанием минерального масла.



Высокоскоростная обработка приводит к экстремальным температурам на режущей кромке, иногда превышающим 1000 °С. Такие температуры негативно влияют как на деталь, так и на обрабатываемый инструмент. Технологии Syntilo позволяют охлаждать зону резания не хуже воды, одновременно смазывая режущую кромку, как традиционная эмульсия.

Преимущества

- pH-нейтральны, не содержат бор и выделяющие формальдегид вещества
- Специально разработаны с учетом применения в большинстве операций обработки резанием различных металлов, включая авиационные сплавы титана и алюминия
- Отличные смазывающие и охлаждающие свойства
- Низкая склонность к вспениванию даже при высоких давлениях подачи и смешивании с мягкой водой
- Значительно более стойкие к биопоражению по сравнению с СОЖ с содержанием минерального масла

Спецификации и одобрения: Airbus: 2006-19689-DCR/SP/SE; Boeing: BAC 5008; Bombardier: BAMS 569-001; Messier-Dowty; Pratt and Whitney: PMC 9398 Rev. C; Safran Group: PCS-4002

IT'S MORE THAN JUST OIL. IT'S LIQUID ENGINEERING.



ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ: МОДА, МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ, ИНДУСТРИЯ 4.0, ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО — ЭТИ ТЕМЫ СЕГОДНЯ ОЧЕНЬ ПОПУЛЯРНЫ. ОБ ЭТОМ ГОВОРЯТ С ВЫСОКИХ ТРИБУН, ИХ ОБСУЖДАЮТ СПЕЦИАЛИСТЫ. В ИНТЕРНЕТЕ, НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ ЖУРНАЛАХ ИМЕЕТСЯ МАССА ПУБЛИКАЦИЙ, ЧАСТО ПРОТИВОРЕЧИВЫХ.

Почему цифровое производство специалисты отождествляют с четвертой промышленной революцией? Что в цифровом производстве революционного?

Термин «Индустрия 4.0» — это название одной из 10 частно-государственных инициатив Германии, сформулированных в 2011 году в рамках «Hi-Tech-стратегии — 2020». И именно там цифровое, или умное производство (SmartManufacturing) рассматривается как основа для реализации этого «проекта будущего».

Какие основные составляющие цифрового производства можно выделить?

✓ **Промышленный интернет вещей** — объединение всего производственного оборудования в единую компьютерную сеть для сбора данных о его работе, внедрение коммуникационной модели «машина—машина», при которой станки становятся активными участниками информационного обмена, передавая и принимая необходимую технологическую и производственную информацию без участия человека.

✓ **Цифровое моделирование**, создание цифровых двойников изделия (продукта) и процессов его производства, т. е. изготовление изделия в виртуальной модели, включающей в себя обрабатываемые материалы, заготовки и детали, оборудование, производственные процессы и персонал предприятия.

✓ **Горизонтальная и вертикальная интеграция** производственных систем на различных уровнях внутри предприятия и между различными предприятиями.

✓ **Новые технологии, связанные с необычайно большими объемами вычислений:** «большие данные» (Big Data), облачные технологии, технологии искусственного интеллекта.

✓ **Новые методы производства:** аддитивные технологии, виртуальная и дополненная реальность, роботы и др.

✓ Цифровое производство невозможно без **высокопроизводительного оборудования**, позволяющего принимать информацию о том, что и как надо производить, и передавать данные о своей работе. Это станки с ЧПУ, промышленные роботы, гибкие производственные системы и т. д.

Что же из перечисленного главное, революционное? Для того чтобы разобраться, надо вспомнить о трех предыдущих промышленных революциях. Необходимо понять сущность и проанализировать специфические особенности тех временных периодов, когда происходила кардинальная трансформация производства.

И здесь мы выделим и рассмотрим два основания, на которых стоит промышленное производство:

✓ **энергия**, при помощи которой приводятся в действие машины;

✓ **технология** производства продукции.

Первая промышленная революция (середина — конец XVIII века) обусловлена переходом от аграрной экономики к промышленному производству за счет исполь-

зования энергии пара. Появился первый ткацкий станок с паровым двигателем.

Человек всегда пытался облегчить свой труд, для чего придумывал различные механизмы. Для приведения их в действие использовалась не только человеческая сила или сила животных. Например, для приведения в действие мельниц использовалась энергия ветра и воды.

Что изменилось в середине XVIII века, почему изобретение паровой машины считается революцией? **Человек научился вырабатывать энергию, необходимую для приведения в действие машин и механизмов, из природных ресурсов.**

Ветряная мельница будет работать только при наличии ветра, водяная мельница может находиться только у воды, и энергия, вырабатываемая ими, зависит от скорости ветра и течения воды. А паровая машина может быть установлена, где угодно, например, на производственной или мобильной (паровоз, пароход) площадке. Главное требование — обеспечить ее ресурсами: дровами или углем. При этом паровой двигатель обеспечивает непрерывную и равномерную выработку энергии, что критически важно для работы производства.

Вторая промышленная революция (конец XIX — начало XX века) связана с изобретением электрической энергии, возможности передачи ее на далекие расстояния, появление ленточных конвейеров и массового производства.

Изобретение генератора переменного тока, трансформаторов, турбин и электродвигателей обусловило переход к централизованной генерации электроэнергии, передачи ее на значительные расстояния. Массово начали строиться заводы и снабжающие их энергией электростанции. Изменение энергетической парадигмы привело к появлению энергоемких производств, конвейерному поточному производству и, как следствие, изменению **технологий** и углублению разделения труда. Резко выросла производительность за счет массового производства продукции.

Стоит отметить, что именно план электрификации ГОЭЛРО, предложенный В.И. Лениным, предопределил выход СССР в мировые индустриальные лидеры.

Таким образом, вторая промышленная революция произошла вследствие **изменения способа получения и возможности передачи энергии в больших объемах и на любые расстояния (рис. 1).**

Но при этом технологии производства продукции оставались сильно зависимыми от оборудования. Перестройка конвейера на выпуск другого вида продукции была практически невозможна. Станки имели узкую специализацию: выпускающие валы не могли выпускать шестерни. Универсальные станки, позволяющие изготавливать разнообразные детали, были низкоэффективны.

Третья промышленная революция (с 60-х гг. прошлого века) — это появление относительно компактных

вычислительных машин, начало применения на производстве электронных информационных систем, обеспечивших интенсивную автоматизацию и роботизацию производственных процессов.

Появление микроэлементной базы позволило создать на основе ЭВМ системы ЧПУ для станков и программируемые контроллеры. Эти устройства не просто умели управлять оборудованием, они стали посредниками между человеком и производственным оборудованием. **Впервые появилась возможность передавать**

на оборудование технологию производства, которая ранее закладывалась при проектировании, изготовлении и внедрении самого производственного оборудования. Не оборудование для технологии, а технология для оборудования.

Но теперь для работы станков требовался еще один ресурс — **информация**: зашифрованная в цифровом виде технология. При этом один станок теперь мог в автоматическом режиме изготавливать различные детали, в зависимости от загруженной в него технологии. Выросли точность и качество обработки деталей, снизилось влияние на качество квалификации станочника: оно обеспечивалось соблюдением выполнения программы, написанной технологом.

Помимо «умных» станков компьютер стал важным элементом в работе производственного предприятия. Появились компьютерные программы (информационные системы) по подготовке и управлению производством, сокращающие время внедрения новых технологических процессов.

Все это подняло производство на новый уровень, но все же не привело к резкому скачку производительности. Почему?

Все перемены на производстве в основном имели локальный характер. Станки работают в производственной среде — цехах, участках, тогда как производственные информационные системы используются в офисных подразделениях, занимающихся планированием, проектированием, учетом и т.п. Цифровая информация от информационных систем к пользователям (станкам) переносится «ногами», с использованием мобильных носителей данных или на бумаге. В результате на это тратится значительное время, не позволяющее существенно увеличить эффективность производства.

Развитие в 2000-е годы Интернета, мобильных систем передачи данных, а также технологического оборудования, система управления которого построена на базе современного компьютера, позволяет объединить в единое информационное пространство предприятия производственные информационные системы и производственное оборудование. Появление глобальных промышленных сетей позволяет передавать большие массивы информации между удаленными территориально площадками и даже выходить за границы предприятия.

Возможность передачи технологической и производственной информации дает возможность объединить в единую систему всю цепочку «заказчик — конструктор — технолог — производственное оборудование». Не имеет значения, где они находятся: на одном предприятии,



Рис. 1

в пределах корпорации или в разных частях земного шара.

Сегодня в торговле уже никого не удивляет, что в ответ на «ОК Google, я хочу складной нож с клинком танто» уже через несколько секунд придут десятки предложений, а через неделю и сам нож.

А вот как это может выглядеть в производстве:

- ✓ Мы размещаем в Интернете на специализированном портале эскиз ножа с предварительными размерами и дополнительными требованиями: тип стали клинка, материал рукояти и т.д.

- ✓ Дизайнер из Австралии делает 3D-модель и готовит чертежи будущего ножа.

- ✓ Технолог из Турции переводит это все в технологию и пишет программу для станков.

- ✓ В Китае на одном предприятии фрезеруются металлические детали, на другом на 3D-принтере изготавливаются декоративные элементы, а на третьем происходит сборка ножа.

- ✓ И через месяц нам доставляют наш складной нож, сделанный по индивидуальному заказу.

И все это благодаря возможностям дистанционного обмена технологической и производственной информацией. Да, пока еще этот механизм работает не идеально, но это уже реалии сегодняшнего дня.

Таким образом, сегодня появилась возможность передавать на расстояние и в больших объемах не только энергию, но и технологию производства. Синергия этого позволяет, резко увеличив производительность труда, организовать **массовое производство продукции по индивидуальным заказам (рис. 2)**.

По аналогии с передачей энергии, когда электрификация начиналась с локально устанавливаемых генераторов и местных электростанций и лишь потом появилась единая энергосистема, в недалеком будущем будут созданы крупные, возможно, даже глобальные технологические центры. Это позволит децентрализовать производство, используя технологический опыт и незагруженные производственные мощности в различных частях земного шара.

С другой стороны, при переходе на цифровое производство появляется реальная возможность, объединив получаемую цифровую информацию с искусственным интеллектом, превратить производство в управляемый компьютерами в реальном времени процесс, работающий эффективно, как в случае массового производства, так и по индивидуальным заказам, согласно потребностям конкретных заказчиков.

Что получается в итоге?

На ключевой вопрос: произошла ли сегодня четвертая промышленная революция и является ли цифровое производство ее результатом, можно ответить: ДА!

Тогда возникает естественный вопрос: что требуется для перехода предприятий к полноценному цифровому производству?

Как было сказано выше, это, в первую очередь, **перевод всей производственной и технологической информации в цифровой вид и организация обмена ею между всеми участниками производственного процесса: станками, системами управления, людьми.** Для этого сегодня уже есть главное — наличие разнообразных компьютерных программ и информационных систем для подготовки и управления производством, а также реальная возможность передачи производственных и технологических данных по локальным сетям.

Слабым местом здесь пока является производственное оборудование. Пока что нереально резко заменить все оборудование предприятия на современное, да еще и людей-операторов заменить роботами. Но это и не требуется. Для первого шага достаточно:

- ✓ выполнить частичную, сравнительно недорогую модернизацию старого оборудования, так чтобы оно могло передавать данные о своей работе,
- ✓ снабдить оператора терминалом, с которого он мог бы получать и передавать данные о своей работе в цифровом виде.

Хорошо известно, как в последнее время изменилась эффективность работы такси. При этом автомобили остались старые и водителей на роботов менять не потребовалось. Всего лишь в каждом автомобиле появился планшет, подключенный к системе управления работой такси.

В ходе дальнейшей модернизации требуется наладить на производстве интеграцию всех производственных информационных систем, обратив особое внимание на систему класса MDC (**рис. 3**), которая должна стать диспетчером всех производственных данных и интеграционной платформой, на которой будут стоять остальные системы: ERP, MES, APS, CAD/CAM, PDM и др. Именно MDC позволяет системам управления производством «видеть», что реально происходит в цехах, какие техно-

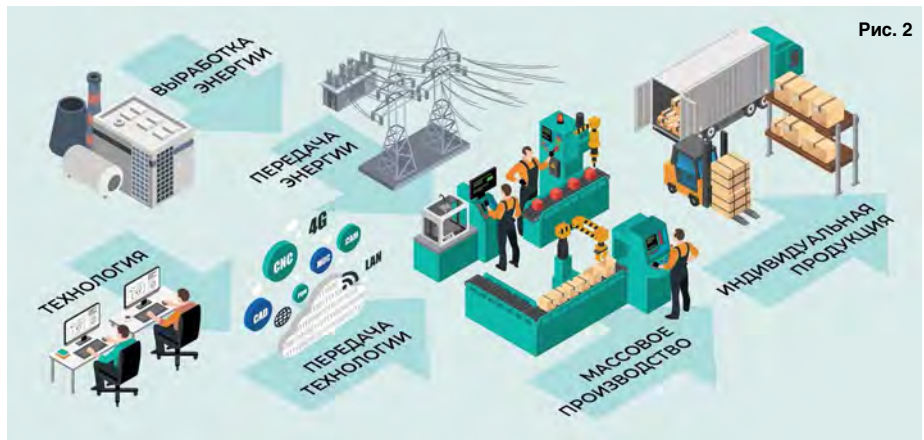


Рис. 2

гические операции выполняются на каждом из станков, где есть производственные резервы и в каком состоянии находится эксплуатируемое оборудование.

Объединение всего оборудования в единую сеть и организация обмена данными между всеми производственными информационными системами и оборудованием позволяет, в первую очередь, перейти к безбумажному производству и является отправной точкой для внедрения других компонентов цифрового производства. В результате этого производство станет прозрачным и руководству предприятия будет всегда понятно, где в первую очередь требуется установка нового оборудования, внедрение роботов и новых технологий, включая искусственный интеллект и машинное обучение.

КАКИЕ ВЫВОДЫ МОЖНО СДЕЛАТЬ ИЗ СКАЗАННОГО ВЫШЕ?

Энергия и технология — те самые два драйвера, которые, развиваясь, способны революционным образом менять производственный уклад. И если первые две промышленные революции произошли в основном из-за изменения энергетической парадигмы, то третья и набирающая сейчас обороты четвертая революция целиком зависят от развития технологии. Но главное, что меняется не только технология как способ обработки деталей: в частности, появились аддитивные технологии, позволяющие сразу создавать деталь любой формы фактически без отходов, главное — это то, что появились возможности передачи технологии, обмена ею между машинами даже без участия человека, и управления технологией в режиме реального времени.

Четвертая промышленная революция — это уже реальность. И первый ее результат — цифровое производство, переход на которое значительно увеличит эффективность и производительность труда и позволит перейти на массовое изготовление товаров по индивидуальным заказам.

Рис. 3



Компания «Цифра»

С. А. Чуранов, технический директор направления MDC,

А. А. Туманов, ведущий аналитик направления MDC,

А. А. Фокин, маркетолог направления MDC

+7 (4812) 24-41-02

+7 (495) 665-91-31

www.intechnology.ru

БЕЗ ЛАЗЕРА НЕТ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

ПРЕЗИДЕНТ ЛАЗЕРНОЙ АССОЦИАЦИИ ИВАН БОРИСОВИЧ КОВШ ЛЮБЕЗНО СОГЛАСИЛСЯ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В ПРОЕКТЕ «ИНДУСТРИЯ 4.0 В СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАСЛИ» И ОТВЕТИТЬ НА ВОПРОСЫ ЖУРНАЛА «РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ».

Какое место лазеров в Индустрии 4.0?

Индустрия 4.0 — это, по определению, производственная составляющая ожидаемой в настоящее время четвёртой промышленной революции, которая должна привести к массовому внедрению киберфизических систем в производство и обслуживание человеческих потребностей, включая быт, труд и досуг. Коротко говоря, Индустрия 4.0 — это массовое использование ориентированного на потребителя интернета вещей.

Четвёртая промышленная революция, которая сейчас прогнозируется, идёт на смену третьей — начавшейся в 80-х годах прошлого века т.н. «цифровой революции», которая привела к распространению информационно-коммуникационных технологий, массовому использованию компьютеров, всеобъемлющему проникновению Интернета. Лазерная эпоха в развитии технологической инфраструктуры человечества началась именно на этапе третьей промышленной революции, поскольку использование когерентного лазерного излучения позволило организовать высокоскоростную передачу по оптическим волокнам огромных объёмов информации. Оптическая связь сделала возможным Интернет, лазерные технологии радикально изменили микроэлектронику, и именно на базе сверхкомпактных чипов, которые невозможно изготовить без использования лазерного луча, и оптической памяти были созданы персональные компьютеры. Третья промышленная революция проявилась также в реиндустриализации — переходе к высокопроизводительному экологически безопасному производственному оборудованию с высокой степенью автоматизации. Лазер и здесь сыграл важнейшую роль. Лазерные станки — для резки, сварки, сверления, локального модифицирования поверхностного слоя, маркировки и др. — широко применяются во всех обрабатывающих отраслях. По утверждению немецких экспертов, сегодня каждый четвёртый металлообрабатывающий станок, выпускаемый в Германии, — это лазерный станок. Лазерно-оптические системы прецизионных измерений, диагностики, тестирования подняли производство на новый уровень качества. Существенно, что лазерные технологии обеспечили возможность принципиально новых технических решений в различных областях человеческой деятельности. Это и аддитивные технологии, и беспилотный транспорт, и эндоскопическая хирургия — перечислять можно долго.

Индустрия 4.0 подразумевает продолжение и развитие широкого использования лазерного излучения, лазерных, оптических и оптоэлектронных технологий, которые сегодня объединяют термином «фотоника».

Пожалуйста, расскажите подробнее о роли лазера как инструмента в реализации технологий Индустрии 4.0.

Википедия указывает в качестве грядущих с четвёртой промышленной революцией технологий следующие: большие данные, интернет вещей, виртуальная и допол-

ненная реальность, 3D-печать, печатная электроника, квантовые вычисления, блокчейн. Легко видеть, что все они основаны на технологиях фотоники, на её возможностях получать, регистрировать, хранить, передавать, обрабатывать и отображать огромные массивы информации, осуществлять с высокой скоростью и точностью разнообразные операции по обработке материалов и контролю процессов и изделий, управлять движением объектов и т.д. и т.п. Когерентное излучение с его возможностью широкого управления параметрами, концентрации во времени и пространстве, бесконтактного воздействия является уникальным инструментом, и Индустрия 4.0 будет активно использовать этот инструмент.



Президент
Лазерной ассоциации Иван
Борисович Ковш

Назовите, пожалуйста, наиболее яркие приложения и впечатляющие достижения.

«Наиболее яркие» — это очень субъективно. Для кого-то это лазерное шоу на праздновании Дня города, а для кого-то лазерный пинцет, которым можно поворачивать и перемещать живую клетку не повреждая её. Поскольку лазерное излучение используется сегодня практически во всех областях и отраслях — от считывания штрих-кодов кассиром в магазине до стыковки космических кораблей, перечислять его яркие применения можно очень долго. Укажу лишь некоторые.

В обрабатывающей промышленности это универсальность лазера как инструмента для воздействия на материал. Варьируя параметры излучения в пятне фокусировки, можно получить локальный нагрев, расплавление, испарение, даже абляцию материала, соответственно, лазерные технологические установки обеспечивают резку, сварку, поверхностное упрочнение и очистку поверхностей, прошивку отверстий, маркировку, гравировку и др. К ярким достижениям последнего времени я бы отнёс создание универсальных резаков на основе лазеров, излучающих пикосекундные импульсы, с мощностью которых можно с высокой скоростью и точностью резать любой материал: металлы, керамику, кость, пластик, камень, и создание установок, реализующих лазерные аддитивные технологии, создание изделий со сложной пространственной структурой путем последовательного спекания порошков в микрообъёме лазерного нагрева. То, что много лет обещали нанотехнологи, сделали лазерщики. Ещё одно впечатляющее достижение — сварка пикосекундным лазером стекла с металлом, которую продемонстрировали недавно в Шотландии.

В информатике очень впечатляющим выглядит быстрое развитие квантовых технологий. От демонстрации отдельного кубита буквально за несколько лет продвинулись к демонстрации вычислений на макете квантового компьютера.

Отдельным и очень быстро развивающимся направлением стала лазерно-оптическая сенсорика, которая создала удобные инструменты и для диагностики опухолей в онкологии, и для дистанционного контроля состояния мостов газопроводов и т. п., и для охраны режимных объектов, и для экспресс-определения наличия в воздухе опасных веществ и даже для рассматривания предметов «за углом». Распознавание лиц в потоках людей, которое сегодня широко внедряется, — это ведь тоже использование оптических сенсоров. А возвращаясь к световым шоу, нельзя не вспомнить, что наилучшее качество изображения при демонстрации кинофильмов (яркость, контраст, разрешение) обеспечивают сегодня лазерные проекторы, использующие излучение на трех длинах волн — красное, зелёное, голубое.

Очень интересные перспективы открыл лазерный луч в сельском хозяйстве. Управление ростом и развитием растения с помощью облучения его на «правильных» длинах волн в правильно подобранные моменты времени позволяет существенно увеличить его продуктивность, устойчивость по отношению к заболеваниям, неблагоприятным погодным условиям и значительно снизить потребность в пестицидах и удобрениях, используемых для этих же целей. Все мы хотим возвращения к чистым продуктам, к органическому земледелию, и фотоника может существенно помочь в достижении этой цели. Впечатляющее достижение последних лет — создание так называемых вертикальных теплиц, которые можно разместить в городских строениях и которые обеспечивают очень высокую урожайность за счёт использования управляемого облучения растений монохроматическим излучением на нужной длине волны. Используются для этой цели светодиоды.

Можно много рассказывать о достижениях фотоники в медицине, экологическом мониторинге, обеспечении безопасности, но это уведёт нас далеко от основной темы.

Как бы вы охарактеризовали современный уровень лазерной техники? И каков тренд?

Лазерная техника достигла очень высокого уровня развития. На рынке доступны источники лазерного излучения в широком диапазоне длин волн — от ВУФ до ТГц, мощностей — от мкВт до десятков кВт, длительностей импульсов — от непрерыва до фемтосекунд — с высокой стабильностью и ресурсом, который измеряется уже годами и вполне сравним с ресурсом обычного «лазерного» производственного оборудования — станков, кабелей, транспортных средств. К числу главных трендов в работах по новым лазерным системам я бы отнес концентрацию усилий на трёх типах лазеров — полупроводниковые (диодные) и накачиваемые диодными твердотельные и волоконные, а также разработку коммерческих лазеров с новыми параметрами только под потребности конкретных применений. Потребности становятся всё более изощрёнными. Например, для некоторых режимов обработки материалов требуется не просто ультракороткий импульс, но импульс с заданным временным профилем. Разработчики пока справляются со всеми задачами,

на рынке можно найти широчайшее разнообразие лазерных источников излучения. Суммарный объём их годовых продаж уже близок к 15 млрд долл. в год.

В последние 10–15 лет одним из главных игроков на мировом рынке фотоники стал Китай, который сегодня является лидером этого рынка по объёму годовых продаж и одновременно одним из наиболее активных покупателей, поскольку бурное развитие экономики КНР вызвало активный спрос на лазерно-оптическую технику. Китай развил собственное производство всех типов лазеров и их комплектующих, и по качеству многие из них уже сравнимы с лучшими мировыми образцами. В 2015 г. в КНР было объявлено о начале «золотой декады» лазерных технологий, и можно ожидать, что именно китайские компании к 2025 году выйдут на ведущие позиции по большинству позиций номенклатуры лазерных источников излучения.

Как изменяются тенденции в спросе на лазерное оборудование?

Общие требования к лазерному оборудованию, которые предъявляют его пользователи, те же самые, что и для любого производственного оборудования: надёжность, высокая производительность, низкое энергопотребление, компактность, простота обслуживания, приемлемая цена. По этим параметрам в последние годы в явные лидеры вышли технологические установки на основе волоконных лазеров, которые сильно потеснили на рынке бывшие ранее самыми массовыми станки на основе СО₂-лазеров. Выгодно отличаясь малыми размерами, высоким КПД и отсутствием необходимости в настройке, волоконные лазеры стали сегодня самыми популярными у интеграторов лазерных технологических систем.

В последние годы существенно продвинулись работы по созданию технологических установок на основе мощных полупроводниковых лазеров, имеющих ещё более высокий КПД. Сборки лазерных диодов уже обеспечивают многокиловаттное излучение. По качеству оно уступает тому, которое обеспечивают волоконные и твердотельные лазеры, но методы суммирования лучей быстро развиваются, и можно ожидать в ближайшем будущем появления коммерчески доступных промышленных диодных лазеров для прецизионной резки и сварки металла. Для поверхностного упрочнения такие лазеры уже есть.

Мощность и КПД — это основные, но не единственно важные параметры технологического лазера. Большое значение имеет качество генерируемого им излучения, а также возможность реализовать различные распределения интенсивности внутри пятна фокусировки этого излучения. Возможность получить не просто осесимметричный пучок излучения, и не только Гауссов пучок, а что-то более сложное, лучшее отвечающее конкретной задаче необходимого воздействия на материал, что может существенно увеличить эффективность такого воздействия.

Примером может служить, например, локальная поверхностная термообработка для упрочнения поверхностного слоя стали. Ее можно делать быстро осциллирующим поперёк дорожки упрочнения лучом, а можно придать лучу специальную форму — полоска с существенным увеличением интенсивности на краях. Обработка полосковым лучом, как было уже давно показано, даёт более однородное упрочнение и более высокую энергетическую эффективность процесса.

Возможность управлять распределением интенсивности в пучке излучения делает лазерную установку более универсальной, пригодной для реализации большего числа режимов и даже различных технологических процессов. Весьма перспективными для такого управления представляются полупроводниковые лазеры с составным выходным пучком и твердотельные дисковые лазеры.

Лазерный станок в силу универсальности стал основой для разного рода лазерных джобшопов. Новые возможности, видимо, будут порождать новые производственные формы?

Лазерные мастерские — job-shop — выполняют обычно одну-две лазерные технологические операции массового спроса, чаще всего резку листа, к которым может быть добавлена дополнительная обработка, например, гибка листа и покраска готового изделия. Экономическая эффективность джобшопа определяется наличием заказчиков и диапазоном возможностей имеющегося лазерного оборудования. В первую очередь — наличием постоянных заказчиков. Российский опыт однозначно свидетельствует, что лазерные джобшопы, созданные на Урале в окружении действующих заводов, оказались существенно более успешными, чем такие же по возможностям в московском регионе, где заказчиками были в подавляющем большинстве малые предприятия, заказы каждого из которых можно было выполнить за несколько дней.

Расширение возможностей лазерного технологического оборудования, готовность принимать заказы на обработку материалов различной толщины, в различных геометриях, в том числе изделий больших габаритов, обеспечивать повышенную точность должно увеличить, конечно, число заказов, получаемых джобшопом, если есть потенциальные заказчики.

Следующим шагом в развитии формата job-shop является сочетание функций стандартной обработки и разработки технологического процесса для какого-то изделия, то есть переход к инжиниринговому центру. В таком центре должны работать не только операторы лазерных станков, но и инженеры-технологи, способные провести необходимые опытные работы и создать технологию изготовления изделия, нужного заказчику. Пять таких центров было создано в России в 2005–2008 годах Лазерной ассоциацией совместно с немецкими коллегами на основе полученных из Германии технологических лазеров. Они вполне себя оправдали.

Следующей формой должен быть научно-образовательный центр, в котором есть выполнение заказов и на стандартную обработку известных материалов, и на разработку новых технологических процессов, и на подготовку кадров, способных использовать такие процессы. Примером может служить Германия, где такие центры есть в каждой федеральной земле.

Для развития формата регионального лазерного инновационно-технологического центра более важным является всё-таки не уровень технических характеристик лазерного оборудования, а состояние промышленности в этом регионе, её спрос на инновационные технологии.



СТАНОК ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ ПОЛИКОРА И КРИСТАЛЛОВ

МЛП1-2106



- Высококачественная размерная обработка (резка, фрезерование, скрайбирование, прошивка отверстий) диэлектрических и оптически прозрачных материалов.
- Бездефектная обработка поликора и кварцевого стекла
- Газовый CO₂ slab-лазер
- Прецизионный стол на базе гранитного основания
- Линейные двигатели с немагнитным якорем повышенной точности
- Оснащение дополнительными устройствами фиксации и крепления пластин
- Отличное качество при обработке поликора и сапфира



+7 499 710 00 53

sales@laserapr.ru

www.laserapr.ru

lia_laserapr

lia_laserapr

СТАНОЧНЫЙ ПАРК ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

СТАНОЧНЫЙ ПАРК, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ МОЩНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ, ДОЛЖЕН БЫТЬ КОМПАКТНЫМ, ПОТРЕБЛЯТЬ МИНИМУМ РЕСУРСОВ НА СОДЕРЖАНИЕ И ИМЕТЬ ПОТЕНЦИАЛ «ЦИФРОВИЗАЦИИ». ОЦЕНКА ЕГО СБАЛАНСИРОВАННОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ СТРУКТУРНЫМИ СВОЙСТВАМИ — ПРЕДМЕТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ — ТРЕБУЕТ ВЫРАБОТКИ НОВЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное внимание к станочному парку определяется не только его высокой стоимостью, существенно влияющей на экономические показатели деятельности предприятия через фондоотдачу. Станочный парк является сложным инженерно-техническим комплексом и в последние годы стал ключевым объектом управления для организации цифрового производства, требуя автоматизированных средств контроля работоспособности оборудования (задача технической диагностики) и диспетчеризации интенсивности его функционирования в производственных процессах (задача операционного мониторинга). Данные задачи формируют информационную основу для организации системы технического обслуживания и сервиса станков (ТОиР) и MES-управления производством (оперативно-календарное планирование и диспетчеризация производства). Правильная техническая политика позволяет не только обновлять, обслуживать, ремонтировать фонды, но и своевременно утилизировать морально и физически устаревшую и изношенную технику, повышая конкурентоспособность предприятий по себестоимости и качеству продукции [1, 2, 3, 4].

В настоящее время техническое состояние и производственные возможности станочных парков большинства российских предприятий не прозрачны для вышестоящих структур управления обрабатывающими отраслями РФ. Типовой ситуацией является наличие в парке значительного числа устаревших механических станков прошлого столетия и небольшого числа современного мехатронного оборудования с цифровым уровнем автоматизации. Такая диспропорция характеризуется термином «балласт многоукладности станочного парка» как негативный фактор, экономически тянущий предприятие «на дно» рынка [5]. В этом случае цифровое производство в рамках всего предприятия невозможно реализовать из-за доминирования техники, неспособной к оцифровке. Предприятия с негативной многоукладностью станочного парка могут себе позволить лишь локальные цифровые участки, аккумулируя на них современное оборудование, что не всегда реализуемо по производственным возможностям.

Для оценки содержания задач оптимальной реструктуризации станкопарков предприятий «под цифровое производство» кратко рассмотрим основы промышленной концепции «Индустрия 4.0, которая базируется на следующих 6-ти подсистемах [6]:

1. PLM (Product Lifecycle Management) — «управление жизненным циклом изделия» — интегрированная информационная технология сквозного управления бизнесом предприятия.

2. Big Data — Большие Данные — задачи управления, структурирования, интерпретирования, анализа

и использования массивов данных, характеризующихся аббревиатурой **VVV**:

- Volume (объем) — величина физического объема данных
- Velocity (скорость) — скорость прироста объема данных
- Variety (многообразие) — одновременная обработка различных типов данных, структурированных и неструктурированных.

3. SMART Factory — «Умное производство». Фундаментом Smart Factory является концепция Digital Manufacturing — это организационно-техническая система имитационного моделирования производств, основанная на продвинутых симуляторах на базе CAD. Существует несколько систем виртуализации производства, такие как: DELMIA Digital Manufacturing (Dassault Systèmes); Tecnomatix (Siemens PLM Software); Factory Design Suite (Autodesk); Visual Components и др.

4. Cyber-physical systems (CPS) — Киберфизические системы. Интернет вещей не может существовать без киберфизических систем, так как CPS является его инфраструктурой. К этому относится вся совокупность технических средств оснащения и обеспечения производственных процессов, в первую очередь станочный парк современного поколения, работающий, как минимум, на основе СЧПУ.

5. Internet of Things (IoT) — Интернет вещей на базе беспроводных сетей, облачных вычислений, технологий межмашинного взаимодействия, программно-конфигурируемых сетей.

6. Interoperability — Интероперабельность (функциональная и семантическая совместимость) как способность компьютерных систем обмениваться данными с однозначным общим смыслом, тезаурусом и форматами, понятными взаимодействующим участникам и автоматизированным средам. Совместимость является требованием для обеспечения возможности машинно-вычислимой логики, логического вывода, обнаружения знаний и др. Интероперабельность — это критически важная составляющая «Индустрии 4.0», которой пока в России не уделяют достаточного внимания. При работе над проектами модернизации производства обязательно нужно проводить проверку на интероперабельность автоматизированного оборудования и программного обеспечения. Это должно быть жестким правилом организации тендерных процедур при покупке оборудования с ЧПУ и программного обеспечения. Примером попыток решения глобальных проблем интероперабельности является проект Umati для мирового станкостроения, закладывающий единые стандарты сбора данных с технологического оборудования.

Таким образом, **цифровое производство** — это глобальная многоуровневая организационно-техническая

Таблица 1.

Режим работы	Технологическая специализация	Средний коэффициент загрузки, %	Модель	Количество	Организация-производитель	Страна производства	Наличие системы ЧПУ	Основные технические характеристики	Год ввода в эксплуатацию	Фактический износ оборудования, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11



Рис. 1. Взаимосвязи целевых требований с параметрами производственного состояния парка оборудования

среда, основанная на интеграции в единое информационное пространство физических объектов, операций и сопутствующих процессов на основе технологий *PLM, Big Data, Smart Factory, Cyber-physical systems, Internet of Things, Interoperability*, что позволяет создать эффективную бизнес-модель предприятия за счёт формирования интеллектуальной среды рационального управления системами автоматизации, средствами производства и технологического оснащения (станочный парк), цифровой организации процессов. К их числу относятся разработка различных цифровых платформ промышленного интернета вещей и анализа больших данных, машинного зрения и дополненной реальности, программных продуктов для создания высокопроизводительных гибридных систем хранения данных, различных интеллектуальных технологий «умного» производства, цифровая бизнес-архитектура и многое другое [7, 8, 9].

Приведенные цифровые компоненты «Индустрии 4.0» в №№ 2, 4, 5 и 6 имеют прямую связь с инженерно-техническими аспектами, касающиеся станочного парка предприятия.

К сожалению, в отечественной инженерной среде имеет место упрощенное восприятие поставленной «цифровой» задачи, сводящей сложные проблемы мехатронной модернизации станочного парка «под цифру» к «датчи-

кам, устанавливаемых на устаревшее оборудование». Практическая реализация такого мобильного «встраивания на «местах»» ненадежна, а информативность такой «псевдоцифровизации» оборудования будет критически низкой и недостаточной для полноценного решения стоящих задач цифровой модернизации производственных систем [10]. К примеру, современные зарубежные предприятия внедряют высокоуровневые решения: системы шлюзов для мультисенсорной сети, оснащенной опциями мобильной связи, обладающей расширенными функциями для сбора, обработки и передачи массивов данных процессов; новые системы мониторинга станков, направленные на устранение простоев путем контроля их технического состояния. Это свидетельствует о том, что эффективное решение задач цифровизации требует мультидисциплинарной системности и компетентности в наукоемких инновациях технической, организационной и информационно направленной. Наибольший интерес для нас представляют решения по станочному парку предприятий, имеющих долгую историю своего роста и существования, с целью выявления критически важных аспектов развития автоматизированных производств будущего поколения.

С целью оценки релевантных характеристик станочных парков предлагаем применять приведенную ниже

методику анализа их структурных свойств, чтобы корректно формировать планы технологического обновления производства с учетом целевых требований, отражающих специфику и стратегию развития предприятий с учетом особенностей выпускаемой ими продукции.

Целевые требования к парку механообрабатывающего оборудования и особенности структуры станочных парков российских предприятий

Как правило, массив данных об оборудовании задается в виде следующего перечня характеристик, которые подвергаются в дальнейшем статистическому анализу и оценке (таблица 1).

На рис. 1 представлен состав существенных факторов производственного состояния парка механообрабатывающего оборудования и проанализировано их влияние на целевые требования к технологической базе предприятий РФ [1-3]. На основе приведенной иерархии требований и факторов влияния устанавливаются связи параметров технического состояния оборудования (износ, загрузка, типоразмерные характеристики, модельный ряд станков) с возрастным составом, уровнем автоматизации станочной техники и многоукладностью парка с целью формирования комплекса показателей для оценки производственного состояния станочного парка предприятий в разрезах цифровизации производства, диверсификации деятельности и импортозависимости. Упомянутые связи выявляются путем генерации совокупности сводных таблиц по разработанной методике, позволяющей сформировать искомые устойчивые связи и тенденции по станочному парку, которые затем отражаются в планах модернизации.

Для правильного формирования многомерного комплекса требований к станочному парку и автоматизированному производству приведем перечень современных тенденций развития металлообработки и подходов к структуризации станкопарков предприятий [4, 7, 8, 9].

Современные технологии механообработки и средства их оснащения значительно расширили производственный потенциал станочного парка при одновременной его компактности за счет:

- повышения производительности и пропускной способности станочных мест;
- концентрации разнородных технологических процессов на одном рабочем месте (комбинированные и многоцелевые станки);
- гибкости и быстрой перенастраиваемости на выпуск новой продукции за счет встраивания средств промышленной автоматизации в оборудование и средства его опционального оснащения;
- применения современных цифровых технологий подготовки производства (электронные модели обрабатываемых деталей, автоматизация подготовки управляющих программ, имитационное моделирование формообразования, оптимизация режимов для прогнозирования результатов обработки и др.);
- применения высокотехнологичных средств инструментального, метрологического и опционального оснащения,
- дистанционного мониторинга загрузки, контроллинга технического состояния и работоспособности.

Малые партии и позаказный выпуск продукции определяют доминирующие требования к гибкой автоматизации

производства, что, в свою очередь, предполагает приобретение универсального высокоавтоматизированного оборудования мехатронного (цифрового) типа для встраивания в производственные процессы предприятий [5].

Сформированы новые требования к технической подготовке производства и проведению современной технической политики в отношении планов обновления станочного парка [1]. При этом должна преодолеваться проблема многоукладности производства, заключающаяся в том, что в производственных процессах одновременно участвуют разные поколения оборудования, требующие разных, часто взаимоисключающих, подходов к организации производства, среды обеспечения, оснащения, сервиса, ремонта техники и технологий инженерной поддержки.

Низкий коэффициент обновления станочных парков предприятий РФ обусловлен отсутствием плановой системы вывода устаревшей и изношенной техники из производственных фондов. Коэффициент обновления станочного парка в СССР составлял 5–6% в год, а в настоящее время в России он составляет не более 0,3%. В развитых странах этот показатель составляет 8–10%. Регулирование этого нормативного требования является предметом технической политики в промышленности РФ.

Важным показателем эффективного производства является соотношение автоматизированных и ручных станков в общем объеме парка, что характеризует уровень применения высоких обрабатывающих технологий (по прецизионности и качеству формообразования) и цифрового управления производством. За рубежом количество используемого оборудования с ЧПУ приближается к 50%, а у предприятий, производящих технологическую оснастку (пресс-формы, штампы, литейные формы) достигает 85%. Большая загрузка станков с ЧПУ и их удельный вес в объеме парка в сравнении с ручными станками свидетельствует о развитости на предприятии цифровых инструментов технологической подготовки производства и наличии современных кадров — станочников и технологов.

Существенную роль в металлообработке играют технические характеристики (ТХ) станочного оборудования, позволяющие обеспечивать разные способы формообразования по эффективности, энергоемкости и технологичности. В этой связи все большую дифференциацию получают технологии высокоскоростной, высокопроизводительной и многоцелевой обработки, обработка резанием с минимальным расходом смазки (сухая обработка), а также твердая обработка. При этом требования производительности могут быть снижены в целях обеспечения точности обработки деталей, поскольку приоритетом для обрабатывающих систем металлообработки сейчас являются требования качества формообразования. В мелкосерийном производстве интенсификация (форсаж режимов) обработки на станочных местах не оказывает критического влияния на длительность производственного цикла изготовления конечной продукции.

Принципы категорирования общего перечня оборудования для решения задач анализа

Категорирование станочного оборудования необходимо для его ранжирования и выявления технологических приоритетов для цифрового производства и иных целей развития. Для решения задач анализа состояний станоч-

ного парка порядок категорирования исследуемого оборудования представлен в **таблице 2**.

Разработанная целенаправленная система структуризации данных и требований позволила сформировать методику анализа станочного парка в целом по предприятию для разных групп технологического оборудования.

Описанный методический подход позволил полноценно изучить структурно и параметрически состав парка механообрабатывающего оборудования, используемого на предприятиях РФ, его техническое состояние и цифровой потенциал путем формирования перечней разных категорий оборудования, различающегося:

- технологическими признаками;
- степенью автоматизации (с ЧПУ/ручные);
- частотой используемости типоразмерных моделей по выбранным технологическим группам;
- категориями уникальности (прецизионностью, сложнопрофильностью формообразования, крупногабаритностью, специальными станками-автоматами и др.).

Примеры анализа структурного состава станочных парков механообрабатывающего оборудования предприятий РФ

Сведения о составе станочного парка РФ взяты из различных открытых источников и обобщены статистически [1, 2,3,4 и др.]. Авторы не претендуют на абсолютную точность приведенных ниже статистических оценок, но предполагают, что их можно рассматривать как репрезентативную выборку данных, отражающую общие структурные свойства станочных парков большинства машиностроительных и обрабатывающих предприятий РФ.

Для апробации предложенной методики на конкретном предприятии следует запросить фактические данные об основных фондах и сведения о применении станочного оборудования (**табл. 1**) с последующей статистической обработкой этих данных по методике (**табл. 2**) и шаблонам, приведенным в нижележащих рисунках.

Таблица 2. Принципы структуризации общего перечня технологического оборудования

Иерархия анализа перечня используемого технологического оборудования предприятия											
Многоукладность парка			Структура типоразмерного ряда			Параметрический ряд и технические возможности					
Время создания (возраст станков)	Категория автоматизации и универсальность	Импортозависимость	Технологическая специализация	Поставщики-разработчики оборудования	Модельный ряд	Технические параметры и возможности	Мощность и производственный ресурс				
1	1 — до 1970 г. Механические станки военного периода.	Станки с ручным управлением, универсальные	Уд. вес, %	токарные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
2				фрезерные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
3	2 — с 1970 до 1990 Механические ручные станки и с ЧПУ (аналоговые) советского периода массового формирования численности парка.	Специализированные станки, агрегатные	Уд. вес, %	многооперационные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
4				координатно-расточные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
5				карусельные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
6				сверлильно-расточные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
7				3 — с 1991 по 1999 Период стагнации и резкого снижения численности поставок станков.	Специальные станки с автоматическим управлением, оснащенные механическими, цикловыми и числовыми системами управления	Уд. вес, %	шлифовальные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр
8							зубообрабатывающие	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр
9	4 — с 2000 по н/в Период широкой закупки импортной техники и поставки станков нового поколения с цифровыми ЧПУ.	Автоматизированные станки с ЧПУ, оснащенные аналоговыми и цифровыми поколениями систем управления	Уд. вес, %	токарные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
10				фрезерные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
11				многооперационные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
12				координатно-расточные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
13				карусельные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
14				сверлильно-расточные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
15				шлифовальные	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			
16				зубообрабатывающие	Производители	Модели	ТХ, опции	Кол-во, уд. %, Загр			

Структурный анализ станочного парка включает оценки:

- численности и временных периодов формирования парка предприятия,
- возрастной состав и число поколений станочной техники в парке,
- технологической специализации,
- удельного веса импорта,
- основных поставщиков российского оборудования (производители-разработчики),
- категорирования парка по группам анализа: типоразмерный ряд, модельный ряд, универсальность (САУ — ЧПУ, автоматы, агрегаты), прецизионность, крупногабаритность, уникальность, специализация.

Структура станочного парка количественно и в долях (%) характеризуется многоукладностью парка (возрастными поколениями станков), технологической специализацией (группами типов оборудования), категориями автоматизации (станки с ручным управлением и станки с ЧПУ), универсальностью оборудования и удельным весом импортной техники в общем составе парка.

Возрастной состав оборудования изменяется в широком временном диапазоне ввода его в эксплуатацию — с начало 20 столетия до последних лет, поэтому в общем перечне парка объединены станки разных поколений, относящихся к разным технологическим укладам.

Ретроспективный анализ позволяет рекомендовать группирование станочного парка конкретного предприятия на следующие возрастные периоды по поколениям станочной техники (рис. 2):

1-й период (до 1970 года) — поколение механических станков с ручным управлением военного периода;

2-й период (с 1970 по 1990 гг.) — поколение станков с аналоговыми системами числового программно-управления (ЧПУ) и механических станков с ручным управлением советского периода;

3-й период (с 1991 по 1999 гг.) — поколение станков советского периода в период стагнации и резкого снижения объема и качества поставок;

4-й период (с 2000 по н.в.) — поколение современных станков с ЧПУ и высокотехнологичных станков с ручным управлением периода начала активной закупки зарубежной станочной техники предприятиями РФ.

Относительные объемы поставок станочного оборудования на предприятия РФ во времени

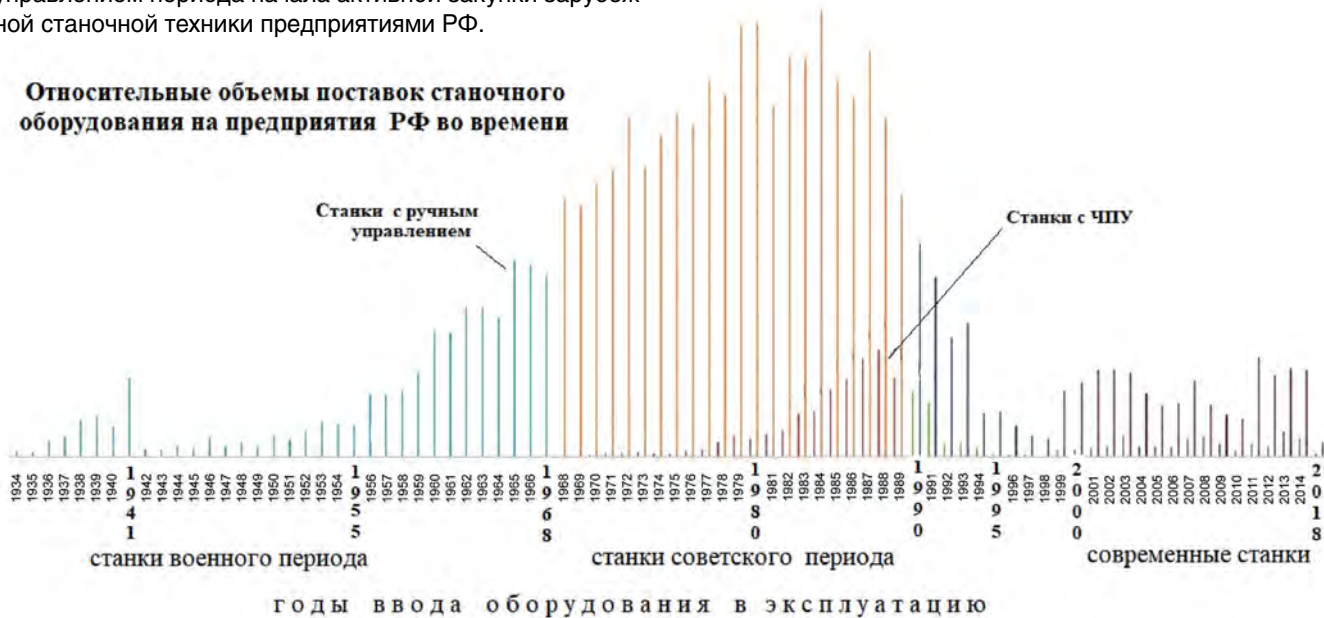


Рис. 2. Временная картина формирования станочного парка российских предприятий (верхняя кривая — станки с ручным управлением, нижняя кривая — станки с ЧПУ)

Общий объем станочного парка предприятий РФ включает доли отечественного оборудования и станков импортного производства. Примерный структурный состав станочного парка показан на рис. 3.

Анализ данных рис. 3 показывает, что станочное оборудование со сроками ввода в эксплуатацию менее 20 лет (группа станков 2000–2018 гг.) квалифицировано используется в производстве, что подтверждено гистограммой распределения, близкой к нормальному закону (по огибающей вершин столбцов диаграммы). Оборудо-

Структурный состав станочного парка предприятия и параметры его использования в производстве (по категориям и группам)

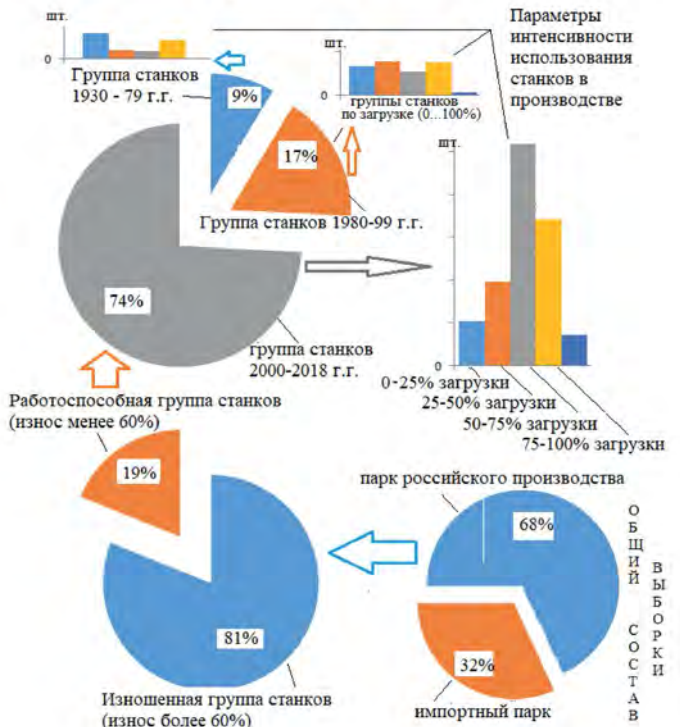


Рис. 3. Пример выявления общих структурных оценок парка механообрабатывающего оборудования типового машиностроительного предприятия

вание со сроками ввода в эксплуатацию более 20 лет имеет форму распределения интенсивности использования, свидетельствующую о неритмичной загрузке.

Наиболее работоспособный состав российского оборудования (с износом менее 60%) составляет около 70% современного парка 2000–2018 годов поставки, и включает не более 20% станков советского периода 1980–1999 годов поставки.

Констатируем, что удельный вес автоматизированного станочного оборудования на предприятиях РФ не превышает 20%. Наибольшая доля российских станков с ручным управлением сосредоточена в токарной и фрезерной группах. Примерное равенство российских и зарубежных станков с ручным управлением имеет место в сверлильно-расточной и шлифовальной группах.

Технологический состав групп оборудования станочных парков предприятий РФ соответствует статистической распространенности типовых обрабатываемых деталей (тел вращения, корпусных, зубчатых и т.п.), отражая заводскую специфику выпускаемой продукции по габаритности, конструктивной сложности, типовым формам деталесборочных единиц, а также требований к их прецизионности (шлифовальное, доводочное оборудование) (рис. 4, 5).



Рис. 4. Удельный вес групп механообрабатывающего оборудования российского производства в станочном парке предприятий РФ, %

Удельный состав станочного парка, дифференцированный по возрасту и уровню автоматизации



Рис. 5. Пример оценки распределения долей (%) парка механообрабатывающего оборудования по разным возрастным группам и уровню автоматизации

Анализ численности и уровня загрузки по каждой технологической группе позволяет оценить востребованность каждой категории оборудования, узкие места по интенсивности использования в производстве и прогнозировать технологическое развитие станочного парка предприятий РФ (актуальность инвестирования) для ликвидации диспропорций и узких мест по перспективному портфелю заказов конкретного предприятия.

Уровень вооруженности предприятий РФ автоматизированной станочной техникой критически низкий и проявляется лишь в трех технологических группах: токарные, фрезерные и многооперационные станки. Удельный вес автоматизированного оборудования в общем парке технологического оборудования российского производства на типовом предприятии не превышает 10% (рис. 6). Удельный вес автоматизированного оборудования с ЧПУ для парков импортных станков составляет не более 25%. Общая доля автоматизированного оборудования в парках предприятий может достигать 20% лишь за счет поставок импортной техники (рис. 7).

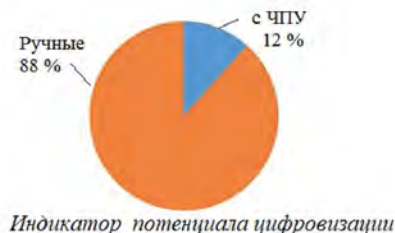
Для демонстрации примеров углубленного анализа разных категорий оборудования должны быть выделены перечни уникальных категорий оборудования по габаритам (продольно-фрезерные, карусельные) и прецизионности (координатно-расточные, шлищешлифовальные,

Удельные доли категорий оборудования (%) в общем составе парка



Рис. 6. Пример оценки распределения долей станочного оборудования по уровню автоматизации

Соотношение долей станков с ЧПУ и станков с ручным управлением в общем парке предприятия



Соотношение долей станков с ЧПУ и ручным управлением со сроком ввода в производство не старше 20 лет

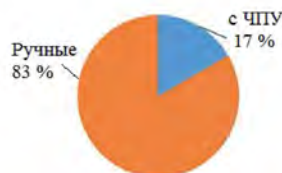


Рис. 7. Пример формирования индикаторов потенциала цифровизации механообрабатывающего оборудования предприятия

резьбошлифовальные, зубошлифовальные), для которых актуальны задачи оценки рисков импортозависимости и потенциала цифровизации (рис. 8, 9). Наибольшая применяемость станков российского производства является индикатором удачных конструкторских и технологических решений отечественных производителей, что необходимо учитывать при реновации станочных парков предприятий.

Наиболее применяемыми шлицеобрабатывающими станками российского производства являются модели 5350А Куйбышевского станкозавода, МШ240Н18 и МШ238Н57 Московского завода шлифовальных станков и ДФ506А, ДФ177 Дмитровского завода фрезерных станков.

Наиболее применяемыми зубошлифовальными станками российского производства являются модели 5В833, 5831, 5А841, 5А893 Московского завода шлифовальных станков.

В период 2000 г. по 2015 гг. на предприятия РФ введены следующие зубошлифовальные станки с ЧПУ:

- 10 единиц зубошлифовальных станков нового поколения мод. СК500 производства ООО «Самоточка» (МСЗ);

- 10 единиц специальных шлифовальных станков для турбинных лопаток мод. SXS 512-TC, SLS-434, SLS220, SXS735-TC, ЛШ-220 производства СП «Станковентд».

Следует выделять группу специальных станков-автоматов в станочных парках предприятий, оценить их долю в общем парке, степень износа и интенсивность использования в производстве. Как правило, это техника отживших укладов, не подлежащая модернизации, является серьезным балластом для цифровизации производства (рис. 10).

Опыт показывает, что доля специальных станков-автоматов на предприятиях РФ составляет до 20% и специальное оборудование с «жесткой» автоматизацией в подавляющем большинстве полностью изношено и может быть рекомендовано к утилизации.

Выводы:

1. Сложившийся исторически большой объем устаревшего парка механообрабатывающего оборудования российского производства создает избыток производственных мощностей, не позволяющий достигать требуемых параметров экономической эффективности производства по параметрам фондоотдачи. В условиях неравномерного использования изношенного станочного парка практически невозможно решать задачи эффективности производственно-технологической базы РФ.

2. Более 80% от парка механообрабатывающих станков российского производства имеет износ более

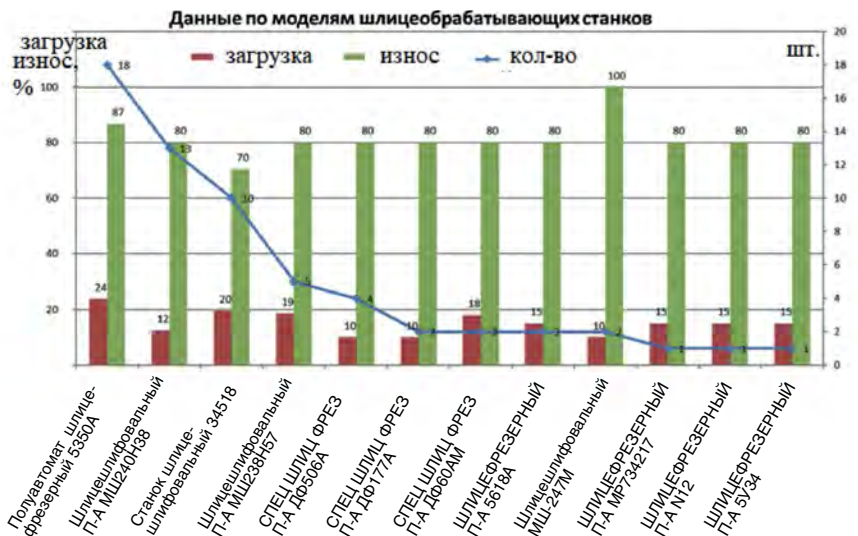


Рис. 8. Пример выявления наиболее используемых моделей шлицеобрабатывающего оборудования российского производства

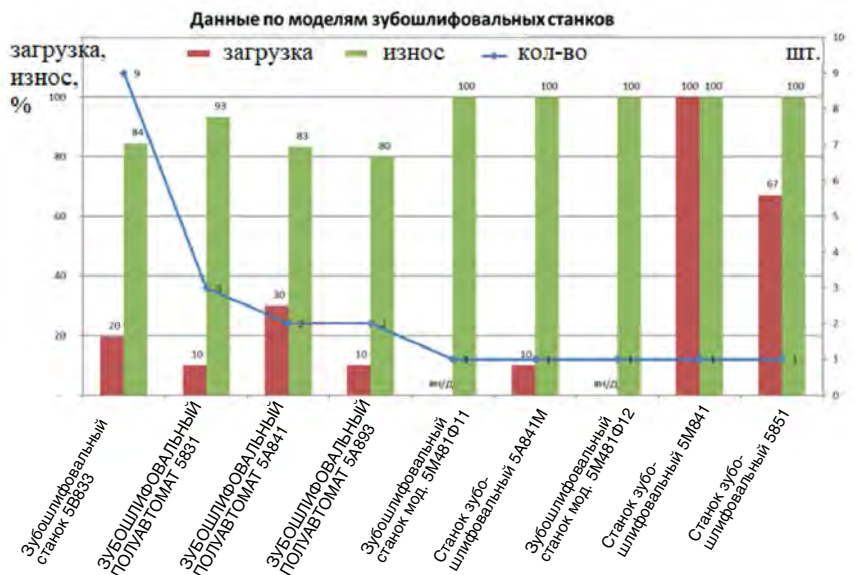


Рис. 9. Шаблон представления отчета по наиболее используемым моделям зубошлифовального оборудования российского производства на предприятиях РФ

Состав парка специализированных станков-автоматов и агрегатных станков

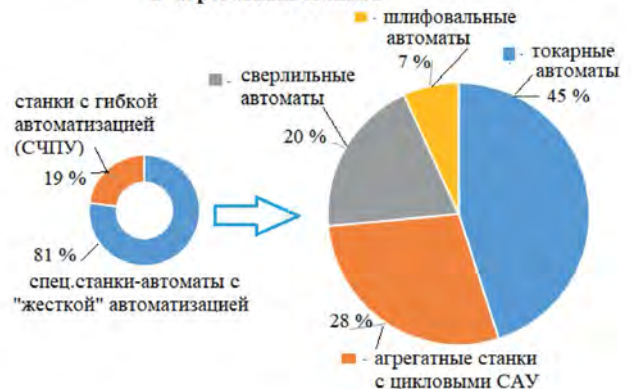


Рис. 10. Типовое распределение удельного веса численности станочного парка предприятия по категориям автоматизации и универсальности

60%. В связи с этим имеются высокие технические риски тотального выхода оборудования из строя (особенно в условиях возможной интенсификации загрузки) и нарастаю-

щих рисков возникновения дефицита квалифицированных рабочих-станочников.

3. Современное российское оборудование возраста 2000–2018 годов (не старше 20 лет) не превышает доли в 15% в общем составе станочного парка.

4. Удельная доля станков зарубежного производства в общем парке механообрабатывающего оборудования РФ составляет около 30%.

5. Удельный вес автоматизированных российских станков с ЧПУ в станочном парке РФ составляет не более 10%, что значительно ниже требований высокотехнологичных производств зарубежных стран, где аналогичное соотношение превышает 40%.

6. Статистические данные по интенсивности использования в производстве устаревшего оборудования советского периода свидетельствуют о неритмичном его использовании. Процесс эксплуатации оборудования не старше 20-ти лет с износом менее 60% находится в статистически управляемом состоянии по нагрузке, которая описывается кривой, близкой к графику нормального распределения.

7. Высокие риски импортозависимости проявляются для групп прецизионных и уникальных станков (зубообработка, крупногабаритные и шлифовальные станки), а также для многооперационных станков нового поколения, используемых для многокоординатной обработки сложных деталей.

8. Представленная методика позволяет выявлять потенциал «цифровизации» станочных парков предприятий, давать предложения по их реструктуризации в разрезах оптимизации производственных мощностей (в т.ч. и плановой утилизации), эффективности их использования

(фондоотдачи), развития цифрового производства и обеспечения технологической безопасности.

Макаров В.М., д.т.н., МГТУ «Станкин», makarov_vm@mail.ru
Лукина С.В., д.т.н., МГТУ «Станкин», научно-технический эксперт РАН и РИНКЦЭ, lukina_sv@mail.ru

Литература

- Идрисов Г. И. Промышленная политика России в современных условиях. — М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2016. 160 с.: ил. (Научные труды / Ин-т экономической политики им. Е. Т. Гайдара; № 169Р). ISBN 978–5–93255–443–2.
- Самодуров Г. В. Современные тенденции развития технологии металлообработки. 2008 г. <http://www.informdom.com/metalloobrabotka/2008/4/sovremennye-tendencii-razvitiya-tehnologii-metalloobrabotki.html>
- Грибков А. А., Григорьев С. Н., Захарченко Д. В. Развитие зарубежного и российского станкостроения. Вестник МГТУ «Станкин», № 1 (18), 2012.
- Обзор выставки «Металлообработка-2018» <https://www.elec.ru/news/2018/05/10/metalloobrabotka-2018-glavnoe-sobytiemirovogo-sta.html>
- Макаров В. М., Лукина С. В. Цифровое производство в условиях многоукладности промышленности. РИТМ машиностроения № 10, 2018. С. 20–24
- Самофалов П. <http://www.plm.pw/2016/09/The-6-Factors-of-Industry-4.0.html>
- Лукина С. В., Орлов С. С. Многофункциональность токарных станков: тенденция и решения. РИТМ машиностроения № 5, 2017. С. 10–18
- Макаров В. М., Лукина С. В. Уникальная синергия гибридных станков. Ритм машиностроения, № 8, 2016. С. 18–25.
- Макаров В. М. Инновационные станки прецизионной зубообработки. Главный механик № 4, 2017. С. 15–27.
- Макаров В. М., Савинов Ю. И. Научное оборудование инструментов контроля технического состояния станочного парка. Технология машиностроения. № 3, 2016. С. 21–28



VI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ»

Дата: **27.03.2020**
 начало — 10:00.
 Адрес: г. Москва,
 ул. Радио, д. 17
 (вход со стороны
 ул. Доброслободской),
ФГУП «ВИАМ»

Регистрация на сайте
<https://conf.viam.ru/>

Контактная
 информация:
 (499) 263–89–17

Темы:

- проблематика внедрения аддитивных технологий в производство;
- преимущества аддитивных технологий в качестве альтернативы традиционным технологиям;
- моделирование процессов изготовления изделий;
- технологии баротермической и термической обработки;

Организаторы: ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ совместно с технологической платформой «Материалы и технологии металлургии» и технологической платформой «Новые полимерные композиционные материалы и технологии».

- технологии неразрушающего контроля;
- задачи и проблемы разработки и практического использования базы нормативно-технической документации, регулирующей изготовление, испытание и применение изделий, полученных методами аддитивных технологий, в гражданских отраслях промышленности.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

РАЗВИТИЕ МЕДИЦИНЫ, ПРИБОРО- И МАШИНОСТРОЕНИЯ, АВИАЦИИ И КОСМОНАВТИКИ НЕРАЗРЫВНО СВЯЗАНО С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ, ОБЛАДАЮЩИМИ ХИМИЧЕСКОЙ ИНЕРТНОСТЬЮ, ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТЬЮ, НИЗКОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ, ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТЬЮ И ПР. В ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ ПРИ СОЗДАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ВСЕ БОЛЬШЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ НАХОДЯТ КЕРАМИЧЕСКИЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОТОРЫХ СОЗДАЮТСЯ НОВЫЕ И МОДЕРНИЗИРУЮТСЯ СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБРАБОТКИ [1, 2].

ПРИМЕНЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И СЛОЖНОСТИ В ИХ ОБРАБОТКЕ

Керамика — это большая группа неметаллических материалов различного химического состава, объединенных технологией изготовления. Доля керамики в мировом производстве материалов занимает доминирующее положение (62% в массовом отношении и почти 50% в объемном). Эта группа неметаллов является одной из древнейших, поскольку ее начали применять более 5 тысяч лет назад.

Керамика обеспечивает работоспособность многих технических устройств химической и металлургической промышленности (кислотоупорные и огнеупорные изделия), электротехнической промышленности (изоляторы), инструментальной промышленности (абразивные материалы), высокотемпературной техники многих передовых отраслей промышленности (энергомашиностроение, авиация, ракетная техника и др.) В связи с развитием технологий 3D-печати появилась необходимость в увеличении рабочей температуры фильер, используемых для нагрева и последующего выдавливания композитных полимеров. С целью увеличения износостойкости таких фильер в их конструкции начали применяться керамические втулки с внутренним диаметром 0,8...0,2 мм.

Керамические материалы нашли свое применение в медицинских приборах, таких как анализаторы крови, работающих по кондуктометрическому методу дисперсионного анализа, наиболее подробно описанного Ф.М. Рабиновичем [3]. Тонкая керамическая пластинка предназначена для разделения камеры прибора на 2 части, в одной из которых находится анализируемый раствор. Сквозное центральное отверстие диаметром менее 100 мкм позволяет прибору фиксировать изменение силы тока в растворе при прохождении через него кровяных тел. Развитие подобных технологий анализа крови даст возможность брать анализ крови у кровати больного в домашних условиях либо в машине скорой помощи при подозрении у пациента острого аппендицита или разрыва селезенки в результате травмы. По подобному принципу изменения силы тока при прохождении потока жидкости по микроканалам шириной менее 1 мм построена работа микрожидкостных чипов.

Вследствие повышенной твердости и износостойкости керамики ее эффективная обработка возможна только с использованием алмазного инструмента, но даже применение алмаза не позволяет достичь высокой производительности резания, поэтому обработка керамических деталей весьма дорогая. По данным японских исследователей, стоимость обработки керамики в десятки тысяч раз превышает стоимость обработки конструкционных сталей [4].

Поскольку все керамические материалы являются хрупкими, то при точечных нагрузках под воздействием режущего или шлифовального инструмента они имеют тенденцию к растрескиванию. Точечная нагрузка при отсутствии пластической деформации приводит к тому, что под воздействием зерен алмаза шлифовального инструмента керамика, испытывая сильные механические и термические нагрузки, выкрашивается. Этот эффект лежит в основе механообработки керамики.

В связи с предъявлением высоких технических требований к изготовлению микрожидкостных чипов, фильер, часовых камней и др. изделий, имеющих диаметры отверстий или ширину канавок менее 1 мм, появляется необходимость в применении таких физико-химических методов обработки, как ультразвуковая, лазерная и электролитно-плазменная.

ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОЙ МИКРООБРАБОТКИ

Лазерные технологии рассматривают как одно из перспективных направлений в изготовлении микроотверстий. Диаметр прошиваемых отверстий этим методом может достигать нескольких микрометров при значительной глубине в любых металлах, сплавах и керамике, обеспечивая при этом высокую производительность.

Разрушение материала под воздействием лазерного луча происходит вследствие скопления в ограниченной области пространства (характерного пятна облучения диаметром 10...100 мкм) весьма высоких плотностей потока мощности (до 10^{13} Вт/см²). При этом используется монохроматическое излучение в диапазоне длин волн от ультрафиолетовой (0,3 мкм) до инфракрасной (300 мкм) областей спектра магнитных колебаний.

Применение столь мощных концентрированных потоков энергии дает уникальную возможность решения целого ряда технологических задач по преобразованию вещества, энергии и информации. Кроме того, излучением можно эффективно управлять с привлечением современных средств компьютерной техники. Поэтому лазеры очень быстро превратились из сугубо физических приборов в технологическое оборудование, потребность в котором на мировом рынке постоянно растет.

За последнее десятилетие в технологии лазерной микрообработки произошли усовершенствования. Появился широкий спектр лазерных источников, имеющих различные длины волн, длительности импульса, энергии и частоты импульсов. Появились генераторы, способные создавать сверхкороткие импульсы: наносекундной (10^{-9} с), пикосекундной (10^{-12} с) и фемтосекундной (10^{-15} с) длительности. Именно такие импульсы показывают высокую эффективность при микрообработке. Наи-

большее распространение пока получили генераторы наносекундных импульсов.

Наносекундные лазеры применяются для текстурирования жестких дисков и печатных плат, маркировки кремниевых пластин, создания микросхем методом стереолитографии (SLA-технология), прошивки отверстий в топливных форсунках.

Преимущество лазерной обработки короткими импульсами заключается в контролируемом разрушении при разумной скорости обработки. Другим несомненным преимуществом является возможность обработки материалов независимо от их электропроводности.

Характеристики наиболее часто используемых лазерных генераторов представлены в **таблице 1**.

Таблица 1. Лазерные генераторы, применяемые в микрообработке

Тип лазера	CVL	Nd: YAG	Nd: YAG
Длина волны, нм	511 и 578	532	355
Максимальная средняя мощность, Вт	45	9	5
Частота импульсов, кГц	10	0...80	0...100
Энергия импульса, мДж	4,5	1	0,5
Длительность импульса, нс	20	35	27
Поляризация	UN-поляризация	100:1	100:1

Взаимодействие твердой керамики с высокоинтенсивными наносекундными импульсами сильно отличается от взаимодействия с металлами. Лазерная обработка керамики является сложной задачей из-за большого рассеяния светового потока. Порог абляции выше, чем в металлах в 2...10 раз. Сочетание короткого импульса и короткой длины волны имеет лучшие показатели обработки, при этом в таких керамических материалах, как глинозем и нитрид кремния, не наблюдается следов плавления после их обработки.

Хотя керамика склонна к образованию трещин от термических напряжений, этого эффекта можно избежать

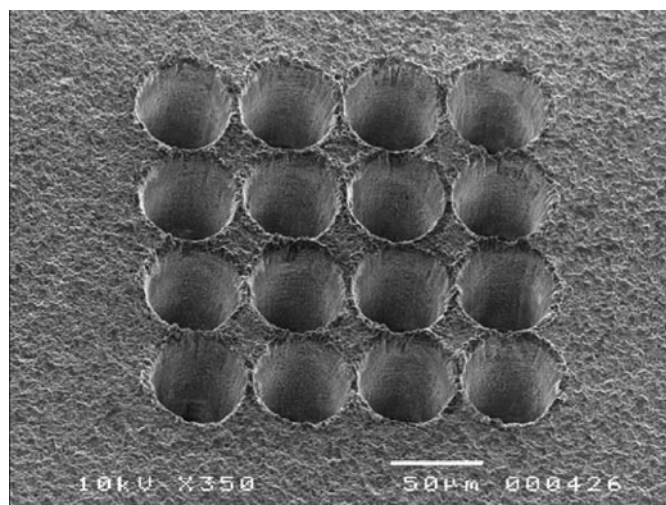


Рис 1. Массив отверстий диаметром 40 мкм, глубиной 250 мкм и шагом 60 мкм, просверленных в пластине глинозема

путем выбора оптимальных режимов обработки, сохраняя температуру материала на низком уровне. Чаще всего это достигается за счет исключения возможности образования интенсивной плазмы. Время воздействия этой плазмы на материал больше, чем воздействие лазерного импульса. При более длительных импульсах (микро- и миллисекунды) механизм разрушения материала включает процесс плавления. Поэтому использование режима плавления — разрезание материала сочетают с воздействием газовой струи высокого давления. Этот метод характеризуется высокими скоростями обработки, но оставляет остекленный слой, который является источником микротрещин.

На **рис. 1** показан пример прошивки массива отверстий диаметром 40 ± 1 мкм высокой плотности в глиноземе (алюмокерамике) толщиной 250 мкм с шагом 60 мкм. Прошивка осуществлялась импульсами в 20 нс лазером на парах меди мощностью 3 Вт с частотой импульсов 10 кГц. Этот тип лазера демонстрирует способность создавать массивы отверстий высокой плотности в керамике без трещин. Подобные массивы отверстий в керамических материалах используются в платах для тестовых полупроводниковых датчиков.

Метод прямого воздействия лазерным лучом является гибким инструментом для микрообработки. Деталь, демонстрирующая возможности лазерного сверления и фрезерования, представлена на **рис. 2**. Она была изготовлена из пластины глинозема толщиной 0,3 мм и обработана за одну операцию. Фаски величиной 45° вдоль края были обработаны с контролем глубины абляции путем регулировки количества подаваемых импульсов.

Одним из недостатков лазерной прошивки отверстий является конусность. В работе [5] определили оптимальные режимы прошивки отверстий в пластине из оксида циркония для достижения минимальной величины конусности и зоны термического воздействия. Конусность и зона термического воздействия увеличиваются с увеличением тока лампы по линейной зависимости. Оптимальные значения были достигнуты при минимальном значении тока в 17 А. Минимальная конусность, т.е. отношение диаметра отверстия на входе к диаметру отверстия на выходе, составляет 0,04. При увеличении

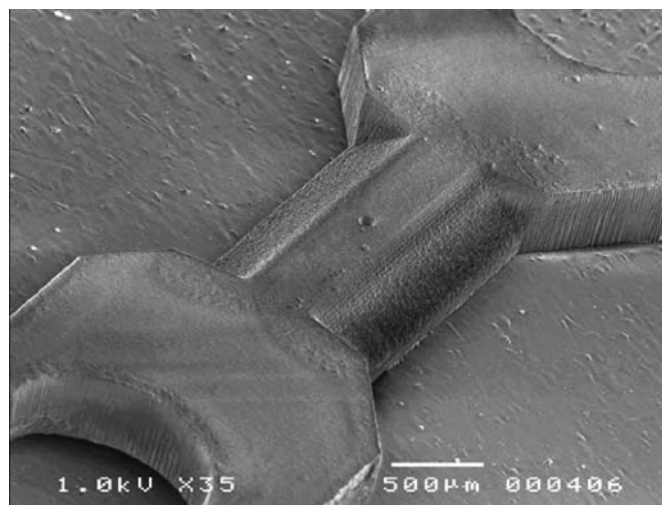


Рис 2. Пример лазерной микрообработки алюмооксидной керамики

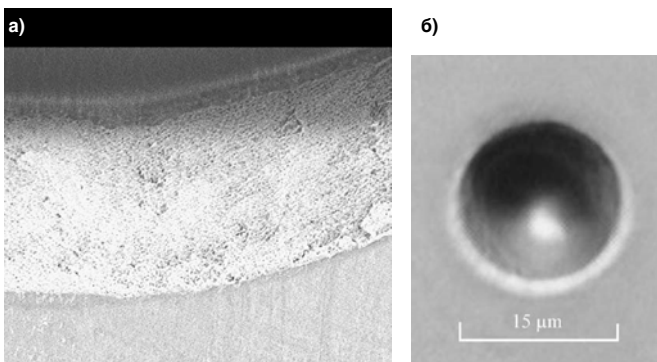


Рис. 3. Сферическая лунка диаметром 15 мкм и глубиной в центре 4,5 мкм на стеклянной пластине, обработанной с использованием лазерной индуцированной латунной плазмы: а) верхний край лунки с измененным слоем; б) внешний вид лунки.

или уменьшении частоты импульсов конусность увеличивается.

Фемтосекундный лазер [6] в сравнении с наносекундным обладает определенными преимуществами при микрообработке керамики. Благодаря значительному снижению тепловыделения количество микротрещин снижается до минимума. Прошивка массива отверстий, расположенных в непосредственной близости друг к другу, при использовании спирта или потока воздуха может привести к разрушению детали. Предотвратить разрушение отверстий позволяет приклеенная к поверхности стекла тонкая прозрачная пленка или нанесенный слой акрилового клея.

Разработан и другой метод микрообработки керамических материалов с соблюдением высоких требований к качеству поверхности. В этом методе сфокусированный лазерный луч при наведении на металлическую поверхность создает заряженные частицы, которые используются для точной микрообработки стеклянной подложки, помещенной в непосредственной близости к поверхности мишени. Заряженные частицы из области коронного разряда плазмы, полученные из металлической мишени, эффективно обрабатывают стеклянную подложку. Некоторое количество металлической фольги было использовано в качестве материала мишени для получения заряженных частиц. В ходе эксперимента с помощью фильтра нейтральной плотности и рабочего напряжения диодов накачки регулировалась интенсивность лазерного луча от лазера Nd:YVO₄. Пучок коллимируется с помощью 8-кратного расширителя луча и фокусируется при помощи объектива микроскопа.

Пример лазерно-индуцированной плазменной обработки представлен на **рис. 3**, где показана сферическая лунка диаметром 15 мкм и глубиной в центральной части 4,5 мкм на стеклянной подложке, обработанной электронами и ионами с использованием латунной плазмы при плотности энергии 4,2 Дж/см² и 2000 лазерных импульсов. Как можно заметить, лунка имеет острые края и зеркально гладкую поверхность.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПРОШИВКА ОТВЕРСТИЙ

Ультразвуковыми (УЗ) колебаниями называют колебания с частотой, превышающей верхний предел слышимости (18 кГц). Такие колебания нашли широкое применение в науке и технике и породили большое количество физико- и химико-технических эффектов. В машиностроении ультразвуковые колебания зачастую применя-

ются для интенсификации различных процессов обработки.

Ультразвуковая обработка (УЗО) широко используется для обработки изделий из хрупких, твердых, в том числе диэлектрических материалов, таких как стекло, графит, твердые сплавы, полупроводниковые материалы, конструкционная керамика. Установлена целесообразность применения УЗО со свободным абразивом в качестве чистовой операции после проведения электроэрозионной обработки поверхностей формообразующих элементов матриц пресс-форм. Ультразвуковая обработка с применением абразива позволяет прошивать отверстия в стекле без изменения их структуры [7].

Прошивка отверстий ведется вибрирующим инструментом, локально воздействующим на заготовку. Происходит пластическое деформирование или хрупкое разрушение поверхностных слоев материала, выделение тепла и повышение температуры материала вблизи зоны обработки.

Использование абразивного зерна повышает производительность УЗО. Причем с увеличением механических характеристик абразива, а именно прочности и твердости, производительность процесса прошивки увеличивается. Оптимальные размеры зерен при различных амплитудах движения инструмента составляют 150–180 мкм. С уменьшением амплитуды колебаний при прочих равных условиях оптимальная величина зерна сдвигается в область меньших значений зернистости. Таким образом, для достижения максимальной производительности необходимо применять крупный абразив и большую амплитуду колебаний.

Производительность обработки линейно увеличивается с увеличением концентрации абразива в суспензии до значения в 30%. При дальнейшем увеличении концентрации прирост производительности замедляется, а при 50% практически не изменяется. Следует учитывать, что процесс обновления суспензии в зоне обработки затрудняется.

Был исследован процесс прошивки отверстий в кварце [8]. Производительность обработки инструментом из нержавеющей стали при мощности генератора в 400 Вт, концентрации абразивной суспензии 40% и скорости подачи инструмента 1,2 мм/мин составила 0,4235 мм³/мин.

При прошивке микроотверстий в хрупких материалах существует проблема низкого коэффициента использования абразивных частиц. Ее решают использованием электрического поля для привлечения абразивных частиц в зону обработки. Такую технологию называют микроультразвуковой обработкой с электрофорезом [9]. Она позволяет повысить концентрацию абразива на поверхности инструмента с 1 моль/м³ до 4,68 моль/м³ в течение 10 с. Использование электрофореза позволяет увеличивать скорость обработки на 10%.

Для концентрации абразивных зерен в зоне обработки авторы работы [10] поместили металлическую пластину под заготовку и соединили ее с плюсом источника питания, а инструмент с минусом. Абразивные зерна были смешаны с электрореологической жидкостью, которая обладает уникальными свойствами и способна изменять свои реологические характеристики в сотни тысяч раз при наложении электрических полей. Указанные материалы чрезвычайно перспективны с практической точки зрения (уже сегодня они нашли применение в космиче-

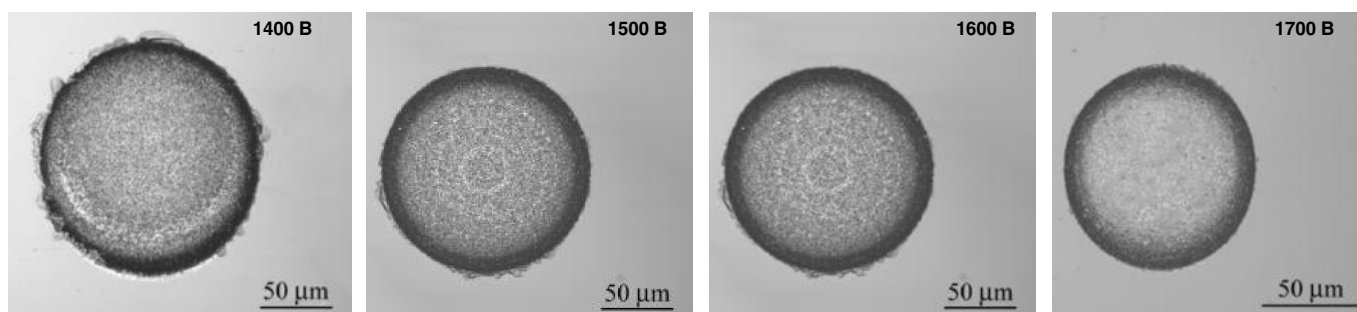


Рис. 4. Отверстия, полученные при различных значениях подаваемого на электроды напряжения

ской технике, биомеханике и биомедицине). Эксперименты показывают, что электро-реологический эффект в своей основе связан с электростатическим взаимодействием частиц и динамикой изменения структуры размещения дисперсных частиц под действием электрического поля.

С увеличением расстояния между вспомогательным электродом, расположенным под заготовкой, и инструментом необходимо увеличить подаваемое напряжение. Это необходимо для предотвращения сколов, возникающих на начальном этапе обработки. На **рис. 4** показаны отверстия диаметром 100 мкм, полученные при различных значениях подаваемого на электроды напряжения. Инструментом является стержень из карбида вольфрама диаметром 90 мкм, материал заготовки — кварцевое стекло толщиной 1300 мкм. Зазор между микроинструментом и заготовкой составил 15 мкм. Внутренний диаметр вспомогательного электрода — 1400 мкм, а его толщина — 15 мкм. Амплитуда колебаний инструмента 20 мкм, скорость вращения 300 об/мин, скорость подачи 60 мкм/мин.

Было замечено, что количество сколов, возникающих по краям обрабатываемых микроотверстий, уменьшается с увеличением подаваемого напряжения. Причем сколы полностью предотвращаются, когда напряжение составляет 1700 В, что доказывает эффективность применения данного метода.

Кроме абразивных зерен суспензия может состоять из углеродных нановолокон в диэлектрической жидкости. Такая суспензия повышает эффективность микрообработки твердых хрупких керамических материалов. УЗО с использованием углеродных нановолокон позволяет прошивать отверстия диаметром 10 мкм и глубиной более 200 мкм в карбиде кремния менее чем за 2 минуты.

Увеличение частоты колебаний инструмента приводит к увеличению производительности. Так, в диапазоне частот возвратно-поступательных движений инструмента от 11 до 43 кГц отмечается линейная зависимость производительности от частоты колебаний. Однако этот путь интенсификации обработки ограничен конструктивными требованиями к акустической головке станка.

Авторы работы [11] использовали УЗ-обработку для создания высокоточных микроструктур. Использование обычной УЗО не позволит прошить отверстия диаметром

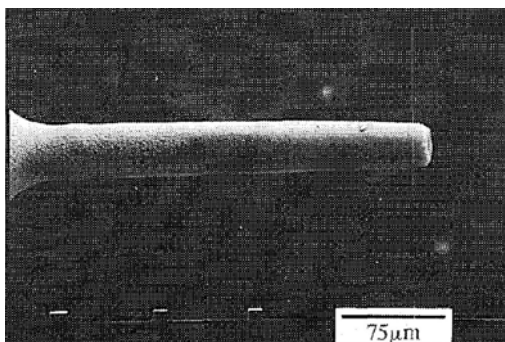


Рис. 5. Микроинструмент цилиндрической формы

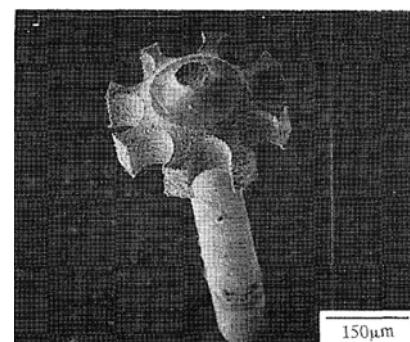


Рис. 6. Микроинструмент в форме шестерни

менее 100 мкм из-за отсутствия соответствующего микроинструмента. Но развитие технологий WEDG делает этот процесс возможным. Развитие технологий электроэрозионного шлифования электродом-проволокой (WEDG) позволило создавать концентрические микроинструменты для ультразвуковой обработки, а впоследствии и микроотверстия диаметром менее 15 мкм.

На **рис. 5** показан электрод цилиндрической формы, полученный методом шлифования проволокой (WEDG-обработка). Благодаря такому методу появилась возможность создавать микроинструменты диаметром до 5 мкм. С помощью той же технологии возможно создать микроинструмент со сложной геометрией. Примером такой детали служит шестерня, представленная на **рис. 6**.

В процессе УЗО необходимо снизить объем материала, удаляемого с заготовки при каждом ударе инструмента, с целью улучшения точности обработки и предотвращения возможности образования микротрещин. Размер абразивных зерен, амплитуда колебаний инструмента, рабочая нагрузка и скорость вращения являются основными параметрами, влияющими на скорость обработки. Использование абразивных зерен из карбида вольфрама размером 0,58 мкм, амплитуды колебаний инструмента от 1,0 мкм до 3,5 мкм, рабочей нагрузки 0,1 мгф/мкм² (1 мН/мкм²) и скорости вращения более 300 об./мин позволяет прошивать отверстия диаметром 42 мкм и глубиной 150 мкм со скоростью 2...6 мм/мин.

Износ инструмента является главным недостатком микро-УЗО. С уменьшением диаметра инструмента скорость его разрушения увеличивается. Такие популярные в обычной УЗО материалы инструмента, как нержавеющей сталь и торированный вольфрам, непригодны в микрообработке вследствие их большого износа. Одним из предпочтительных материалов благодаря его высокой твердости является карбид вольфрама.

ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА

Физические явления, протекающие на границе раздела «металл — электролит» при пропускании через нее электрического тока высокой плотности, исследовались в Институте прикладной физики АН МССР под руководством Б. Р. Лазаренко во второй половине прошлого века (П. Н. Белкин, В. Н. Дураджи) [12]. Был обнаружен целый ряд эффектов, которые не находили объяснения в рамках классической (фарадеевской) электрохимии. Так, было установлено, что известная физическая картина прохождения электрического тока через водные растворы электролитов справедлива лишь до некоторых критических значений плотности тока на электродах [13]. После их превышения вокруг металлического электрода (как правило, катода) образуется облако плазмы с сильно развитой поверхностью, оттесняющей электролит от поверхности электрода. При этом возникает многофазная система «металл — плазма — пар — газ — электролит», в которой носителями заряда служат не только ионы, но и электроны. Происходящее при этом разрушение металлического электрода уже не является электрохимическим процессом в обычном понимании этого термина. Кроме того, тепловые потоки, генерируемые при локальных электрических разрядах в тонком (~ 10 мкм) приэлектродном слое, приводят к разрушению диэлектрических материалов, находящихся в непосредственной близости от катода. Это явление и лежит в основе электролит-

но-плазменной обработки диэлектрических материалов. Физические и химические процессы, а также схема установки, необходимой для проведения электролитно-плазменной обработки, более подробно описаны в статье [14].

Разрушение керамического материала при электролитно-плазменной обработке происходит из-за воздействия температуры плазменного разряда, возникающего на электроде-инструменте. При подаче на электроды постоянного тока возникающие плазменные разряды оставляют на поверхности микроотверстий ярко выраженный слой микротрещин, который необходимо снимать при дальнейшей обработке. С увеличением подаваемого напряжения увеличивается и глубина этого слоя. Снизить размер получаемой зоны микротрещин возможно при снижении напряжения, однако процесс прошивки отверстия станет менее стабильным, а время обработки при этом увеличится. Пример отверстия, полученного при постоянном токе, представлен на **рис. 7**.

С целью уменьшения глубины слоя микротрещин необходимо подавать импульсный ток на электроды. Из-за стабилизации процесса образования и поддержания плазменных разрядов на электроде-инструменте при выборе оптимальных параметров электрического тока, таких как длительность и частота импульсов, сила тока и напряжения, возможно исключить термоудар. Тогда процесс прошивки отверстий будет происходить благодаря расплавлению и испарению керамического мате-

риала, что положительно сказывается на качестве микрообработки. Пример отверстия, полученного при импульсном токе представлен на **рис. 8**.

Немаловажную роль играет форма электрода-инструмента, поскольку в зоне обработки необходим электролит и с уменьшением его количества процесс становится нестабильным и может привести к прекращению обработки или разрушению заготовки. По заявлению авторов [15], наибольшую эффективность показывает электрод, имеющий сферический наконечник. Инструмент изготовили при помощи электроэрозионной обработки. Металлический стержень с цилиндрическим наконечником диаметром 0,150 мм и длиной 800 мкм, подключенный к положительному контакту источника питания, подводили к металлической пластине до возникновения пробоя. Тепло, полученное от энергии заряда, расплавляет цилиндрический наконечник инструмента. Расплавленный металл под действием сил поверхностного натяжения принимал сферическую форму. Авторы сравнивали электрод со сферической рабочей частью с электродом, имеющим цилиндрическую форму. Результаты эксперимента показывают, что сферическая форма электрода позволяет увеличить скорость разрушения материала более чем в 2 раза.

Электролитно-плазменная обработка применима не только к отвер-

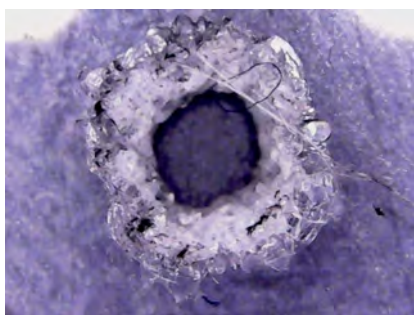


Рис. 7. Отверстие, диаметром 0,2 мм полученное при постоянном токе

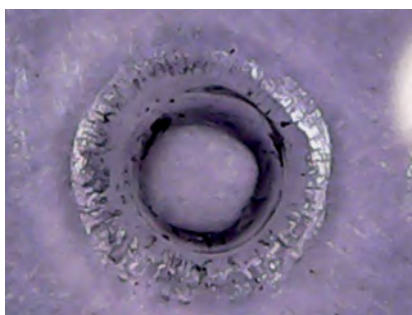


Рис. 8. Отверстие диаметром 0,2 мм, полученное при импульсном токе

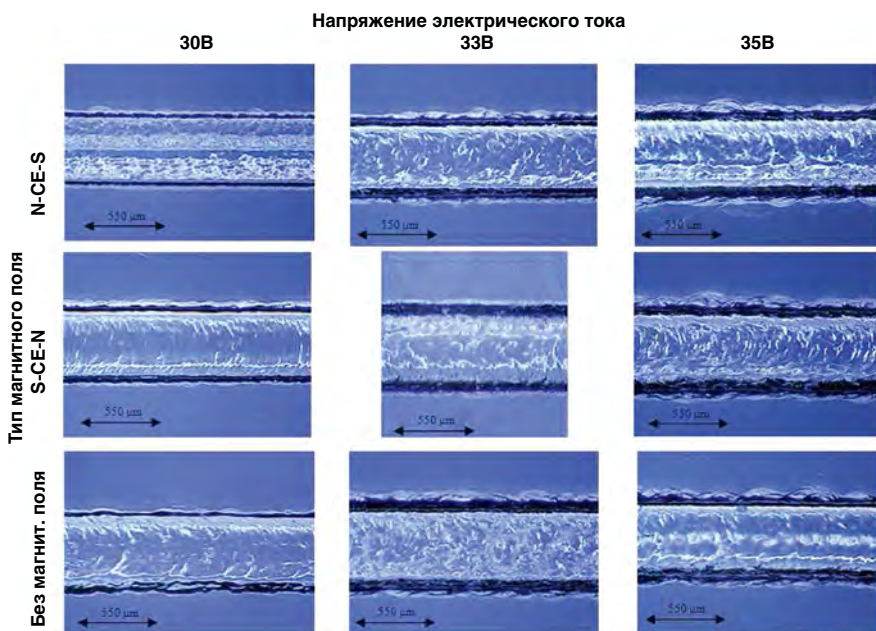


Рис. 9. Качество поверхности обработанных микроканалов при различных значениях напряжения электрического тока и конфигурациях магнитного поля в среде 30% NaOH

ствиям. В работе [16] авторы изучали послойное удаление материала керамической заготовки цилиндрическим электродом по аналогии с микрофрезерованием. Экспериментально доказано, что сила Лоренца влияет на направление движения газовых пузырьков, что изменяет электрохимическое разрядное поведение электролита. Наличие магнитного поля вызывает магнитогидродинамическую (МГД) конвекцию, которая, в свою очередь, ускоряет отталкивание пузырьков от катодной поверхности. Следует отметить, что направление движения пузырьков зависит от ориентации магнитного поля. Если ориентация магнитного поля индуцирует восходящую силу Лоренца (нисходящую силу Лоренца), пузырьки газа будут отталкиваться от межэлектродной области (притягиваться к ней). Полученные результаты показывают, что при приложении магнитного поля обрабатываемая поверхность будет более гладкой для низких значений концентрации электролита и более высоких значениях напряжения электрического тока. В свою очередь, повышение напряжения электрического тока и концентрации электролита увеличивает глубину обработки. Оценить качество микроканалов, полученных при различном напряжении и направлении магнитного поля, можно по рис. 9.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Каждый из описанных в данной статье методов обработки керамических материалов имеет как достоинства, так и недостатки. При помощи лазерной микрообработки получают как отверстия, так и пазы с самой высокой производительностью в сравнении с другими методами обработки. Но такой метод требует высокоточных расчетов параметров импульсов и их количества. К тому же для совершения такой обработки необходим генератор с очень короткими импульсами, что требует дополнительных финансовых затрат.

Ультразвуковая обработка не такая производительная, как лазерная. С ее помощью получают микроотверстия, размер которых напрямую зависит от жесткости инструмента. К тому же такие отверстия подвержены образованию сколов, а обработка пазов при горизонтальном перемещении инструмента не представляется возможной.

Электролитно-плазменная обработка наименее изучена и популярна в сравнении с лазерной и ультразвуковой. Хотя она имеет потенциал как при обработке пазов, так и отверстий. Этот метод обработки не требует дорогостоящего оборудования, как при лазерной обработке, а также подходит для проведения микрофрезерования, в отличие от ультразвуковой обработки. Минусом электролитно-плазменной обработки является сравнительно низкая точность и производительность.

Дмитрий Овчинников,
Московский политехнический университет,
mitya.ovchinnikov.95@mail.ru

Литература

- Исаченко В. А., Астахов Ю. П., Саушкин Б. П. Технологии ракетно-космического машиностроения — проблемы и перспективы // *Технология машиностроения*. 2016. № 1. С. 10–14.
- Научные технологии машиностроительного производства. Физико-химические методы и технологии / Под ред. Б. П. Саушкина. М.: Форум. 2013. 926 с.

- Кондуктометрический метод дисперсионного анализа. Ф. М. Рабинович. Лен.: Химия. 1970. 176 с.
- Алмазное шлифование карбидкремневой керамики для машиностроения: монография / О. В. Душко, В. М. Шумячер; Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. Волгоград: Волг-ГАСУ, 2009. 80 с.
- Knowles. M. R. H. Микрообработка металлов керамики и полимеров наносекундным лазером. *Micro-machining of metals, ceramics and polymers using nanosecond lasers* / M. R. H. Knowles, G. Rutterford, D. Karnakis, A. Ferguson // *Int J Adv Manuf Technol*. 2007. № 33. С. 95–102.
- Kuar A. S. Моделирование и анализ импульсного лазера Nd: YAG при микрообработке оксида циркония (ZrO₂). *Modelling and analysis of pulsed Nd: YAG laser machining characteristics during micro-drilling of zirconia (ZrO₂)* / A. S. Kuar, B. Doloi, B. Bhattacharyya // *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 46. № 2006. С. 1301–1310.
- Sandeep Kuriakose. Изучение процесса обработки металлического стекла Zr-Cu-Ti путем сверления отверстий с использованием микро-УЗО. *Machinability study of Zr-Cu-Ti metallic glass by micro hole drilling using micro-USM* / Sandeep Kuriakose, Promod Kumar, Patowari, Jatin Bhatt // *Journal of Materials Processing Technology*. 2017. № 240. С. 42–51
- S. Kumar. Изготовление микроотверстий в кварце с использованием процесса ультразвуковой микрообработки. *Micro hole fabrication on quartz using ultrasonic micromachining process* // S. Kumar, B. Hansda, S. Das, B. Doloi, B. Bhattacharyya // *International Journal of Precision Technology*. 2017. № 7. С. 2–4
- J. F. He. Эксперименты и моделирование прошивки микроотверстий методом микроультразвуковой обработки с использованием электрофореза. *Experiments and simulations of micro-hole manufacturing by electrophoresis-assisted micro-ultrasonic machining* / J. F. He, Z. N. Guo, H. S. Lian, J. W. Liu, Z. Yao, Y. Deng // *Journal of Materials Processing Technology*. 2017. № 264. С. 10–20.
- T. Tateishi. Изготовление микроотверстий с различным соотношением сторон на твердых хрупких материалах. *Исследование электроореологической микроультразвуковой обработки с жидкостной поддержкой. Fabrication of high-aspect ratio micro holes on hard brittle materials. Study on electrorheological fluid-assisted micro ultrasonic machining* / T. Tateishi, N. Yoshihara, J. Yan, T. Kuriyagawa // *Key Engineering Materials*. 2009. С. 264–270
- Xi-Qing Sun. Микроультразвуковая обработка и технология многослойной обработки/сборки для 3D-микродеталей. *Micro Ultrasonic Machining and Self-Aligned Multilayer Machining / Assembly Technologies for 3D Micromachines*.
- Саушкин Б. П. Электрический разряд в жидких и газовых средах — основа нового поколения методов и технологий машиностроительного производства // *Электронная обработка материалов*. 2004. № 1. С. 8–17.
- Дураджи В. Н., Парсаданян А. С. Нагрев металлов в электролитной плазме. Кишинев: Изд-во «Штиинца». 1988. 216 с.
- Овчинников Д. В. Электролитно-плазменная обработка керамики // *РИТМ машиностроения*. 2019. № 5. С. 26–30.
- Cheng-Kuang Yang. Повышение эффективности и точности ECDM сферическим электродом-инструментом. *Enhancement of ECDM efficiency and accuracy by spherical tool electrode* / Cheng-Kuang Yang, Kun-Ling Wu, Jung-Chou Hung, Shin-Min Lee, Jui-Che Lin, Biing-Hwa Yan // *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. 2011. № 51. С. 528–535.
- Mansour Hajian. Экспериментальное исследование влияния магнитного поля и концентрации электролита на эффективность электроэрозионного фрезерования стекла. *An experimental study on the effect of magnetic field orientations and electrolyte concentrations on ECDM milling performance of glass* / Mansour Hajian, Mohammad Reza Razfar, Saeid Movahed // *Precision Engineering*. 2016.



ПРАВИТЕЛЬСТВО
РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ИННОВАЦИОННОЙ
ПОЛИТИКИ РБ



РОССИЙСКАЯ
АССОЦИАЦИЯ
«СТАНКОИНСТРУМЕНТ»



РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

Специализированные выставки

- Машиностроение. Металлообработка
- Инновационный потенциал Уфы
- Сварка
- Средства защиты

26-28 февраля ВДНХ **ЭКСПО** УФА 2020

+7(347) 246-41-80, 246-41-77

promexpo@bvkepo.ru

www.prombvk.ru



prombvk



promexpoufa

#рпфуфа

#промфорумуфа

#бвк



Металлообработка. Сварка – Урал

17-20 марта 2020
Екатеринбург

международная выставка технологий,
оборудования, материалов для машиностроения,
металлообрабатывающей промышленности
и сварочного производства

**крупнейший
специализированный
региональный проект в России**



ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

**ПЕРМСКАЯ
ЯРМАРКА**

(342) 264-64-13
musin@expoperm.ru

www.metal-ekb.expoperm.ru

25–29 | 05 | 2020

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»
www.metobr-expo.ru



2020

21-я международная
специализированная
выставка

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

Реклама 12+



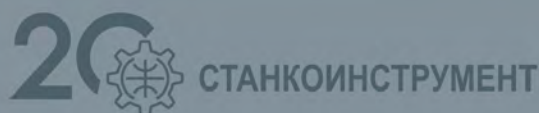
«Оборудование,
приборы и инструменты
для металлообрабатывающей
промышленности»

При поддержке:

- Совета Федерации Федерального Собрания РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Союза машиностроителей России

Под патронатом ТПП РФ

Организаторы:





ПЕРЕДОВЫЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОЗДАНО В РОССИИ



Высокие технологии

Современные системы ЧПУ, микропроцессорные генераторы собственной разработки, проведение НИОКР по созданию специального оборудования в области микроэрозии



Каждый станок APTA производится в России

Официальное подтверждение Минпромторга РФ в рамках постановления Правительства Российской Федерации № 719 от 17.07.2015



Широкие возможности

Эффективное применение для широкого спектра задач электроэрозии: изготовление штампов, пресс-форм, инструмента, различных специальных изделий



Более 25 лет опыта

в разработке, в совершенствовании и изготовлении сложного прецизионного оборудования для электроэрозионной обработки материалов

Научно-Промышленная Корпорация «Дельта-Тест»

Россия, 141190, Московская область, г. Фрязино,
территория Восточная Заводская промышленная, 4а