

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'5
2019



**UNIMACH:
ЛУЧШИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ РОССИЙСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

www.unimach.ru

LaserCut Expert

emco

/ ТИПОВОЙ СТАНОК EMCO: КОМПАКТНЫЙ И ВЫСОКОТОЧНЫЙ



Новый EMCO UMILL 750 ...

...несмотря на свои компактные размеры станок обладает впечатляющими рабочими характеристиками в сравнении со станками старших семейств больших типоразмеров. Станок позволяет выполнять обработку деталей самых сложных форм всего за один установ благодаря высокомоментным приводам по осям В и С, а также высокой жесткости станины. Испытайте максимальную точность с максимальной динамикой в наиболее компактном исполнении! Аналогичными преимуществами обладают станки EMCO токарных линеек!





7 ARGUMENTE
FÜR EINE HERMLE

Touchdown – благодаря абсолютному контролю.

Обработывающие центры в сочетании с отличной компетенцией в сервисном обслуживании.

Даже самые лучшие станки после продолжительной эксплуатации нуждаются в техническом обслуживании. Наш экстренный сервис заботится о том, чтобы вы оставались в игре даже в этом случае. Лично на месте, на вашем предприятии, в рамках дистанционного обслуживания или по горячей линии сервиса мы сделаем все, чтобы ваш обрабатывающий центр Hermle без промедления вернулся к работе. Мы делаем это даже с упреждением.

Больше информации о нашей компетенции в сервисном обслуживании см. по адресу: hermle5.de.

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



СОДЕРЖАНИЕ

- 4**
Станки от Леонардо / Machines from Leonardo
- 8**
Не импортозамещать, а импортоопережать /
Do not import substitute, but import ahead
- 9**
От разработки до коммерческого продукта /
From development to commercial product
- 10**
«Металлообработка–2019»: что нового /
Metalworking–2019: what's new
- 14**
Castrol представила результаты
сотрудничества с группой Renault на выставке
«Металлообработка–2019» / Castrol presented the
results of cooperation with the group Renault at the
exhibition Metalworking–2019
- 16**
Золотой юбилей IMTEX /
Golden anniversary of IMTEX
- 18**
TIMTOS: торжество инженерной мысли /
TIMTOS: the triumph of engineering thought
- 21**
«Пумори»: навстречу «Индустрии 4.0» /
Pumori: Towards Industry 4.0
- 22**
Ультразвуковая обработка /
Ultrasonic treatment
- 26**
Электролитноплазменная обработка керамики /
Electrolytic plasma processing of ceramics
- 31**
Отечественные ленточнопильные станки /
Domestic band saws
- 32**
Рынок лазеров в России и странах СНГ /
Laser market in Russia and CIS countries



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

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

**АДРЕС: 101000, Москва
Милютинский пер., 18А,
оф. 36с, помещение 1, 3
тел.: (495) 256-80-86
т/ф (499) 55-9999-8
(многоканальный)
e-mail: ritm@gardesmash.com
https://www.ritm-magazine.ru**

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС77-63556.
(До 09.2015 журнал "РИТМ")
Тираж 10 000 экз.
Распространяется бесплатно.
Перепечатка опубликованных
материалов разрешается только
при согласовании с редакцией.
Все права защищены ©
Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в рекламных материалах и
оставляет за собой право на
редакторскую правку текстов.
Мнение редакции может
не совпадать с мнением авторов.

ПОДПИСКА НА РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОДПИСКА **БЕСПЛАТНАЯ!**

АНКЕТА ПОДПИСЧИКА

Ф.И.О. _____

Предприятие _____

Должность _____

Адрес доставки с индексом _____

Тел.: e-mail:

Виды деятельности предприятия: _____

Редакция журнала «РИТМ машиностроения», (499) 559-99-98, www.ritm-magazine.ru

2019

Твердый сплав там, где нужно

KenTIP™ FS

Инновационная вершина

Мы поместили твердый сплав туда, где он действительно необходим: на всю вершину сверла. Обеспечивает защиту корпуса от стружки и контакта с заготовкой.

Инновационный отвод стружки

Ультраполированные канавки обеспечивают беспрепятственный отвод стружки, стойкость режущей кромки и повышенную производительность.

Инновационное охлаждение

Охлаждение в критических зонах: на передней и задней поверхности режущей кромки. Сверление нержавеющей стали теперь проще.



СТАНКИ ОТ ЛЕОНАРДО

В середине мая в Милане с успехом прошла выставка Lamiera. Выставку сопровождал образ Леонардо да Винчи как генератора идей для машиностроения и станкостроения. Почти 520 компаний под девизом «Форма идей» (The shape of ideas) показали, в какую форму современное станкостроение способно облечь идеи Леонардо.

Инженерными творениями тема гения Леонардо не была исчерпана. Организаторы выставки подарили зарубежным делегациям прекрасную возможность воочию увидеть шедевр да Винчи «Тайная вечеря» в доминиканском монастыре Санта-Мария-делле-Грации.



БОГАТСТВО ВЫБОРА

Всего два года назад главная итальянская выставка Lamiera, проходящая в режиме биеннале, переехала из Болоньи в Милан и уже приросла еще одним огромным павильоном. Площадь выставки увеличилась на четверть — до 50 тыс. кв. м, что говорит не только об успехе отдельно взятой выставки, но и об усилении итальянских позиций на европейском выставочном рынке. Прицениться к итальянскому оборудованию целыми делегациями прибыли представители промышленности из Бразилии, Вьетнама, Индии, Канады, Китая, Малайзии, Марокко, Мексики, США, Польши, России, Саудовской Аравии, Турции, Узбекистана. Посмотреть было что. Итальянская промышленность представила оборудование и системы для обработки листового металла, труб, профиля, проволоки, а также металлоконструкции, прессы, штампы, крепёж, сварочное оборудование, обработку и чистовую обработку, субконтрактинг. В разделе «Планета роботов» были представлены разнообразные системы автоматизации с использованием роботов.

В МИРЕ

В 2018 году выросли все показатели, по которым можно судить о состоянии мирового станкостроительного сегмента оборудования для обработки листового металла. Относительно 2017 года зафиксирован рост производства с 23,850 до 24, 229 млрд евро (+ 1,6%); экспорта с 9,948 до 10,91 млрд евро (+1,4%); импорта с 9,135 до 9,31 млрд евро (+4,3%); потребления с 23,038 до 23,669 млрд евро (+2,7%).

В «великолепной семерке» мировых лидеров Китай с показателем 9,119 млрд евро, но со снижением выпуска относительно 2017 года на 7,8%. На втором месте Германия с показателем 3,3 млрд евро (+9,9%), на третьем Италия, выпустившая продукции на 2,883 млрд евро (+13,3%), на четвертом Япония — 1,786 млрд евро (+12,6%), на пятом США — 1,343 млрд евро (+20,3%), на шестом Южная Корея — 1,033 (+1,1%), на седьмом Тайвань — 0,639 млрд евро (+4,8%).

В top-7 главных мировых экспортёров те же страны, только места в списке изменились. Крупнейшим мировым

экспортёром является Германия с объёмом в 1,652 млрд евро, но со снижением на 8,6% относительно 2017 года. Далее следуют Италия — 1,511 млрд евро (+11,3%), Китай — 1,143 млрд евро (+17%), Япония — 1,038 млрд евро (–0,9%), США — 0,668 млрд евро (+1,9%), Тайвань — 0,493 млрд евро (+1,1%), Южная Корея — 0,443 млрд евро (–20,4%). Интересно отметить, что Германия, будучи самым крупным в мире экспортёром, в то же время является и самым привлекательным рынком для экспорта из других стран.

Среди крупнейших потребителей станков для обработки листового металла, как, впрочем, и всех других видов станков, Китаю нет равных. Оборудования для обработки листового металла в китайскую промышленность поступило на 9,329 млрд евро при том, что потребление относительно 2017 года сократилось на 9%. За Китаем с большим отрывом следует Германия — 2,091 млрд евро, нарастившая потребление на 26,2%, затем США — 1,926 млрд евро (+13,8%), Италия — 1,632 млрд евро (+16,7%), Япония — 0,904 млрд евро (34,1%), Южная Корея — 0,769 млрд евро (+20%), Мексика — 0,713 млрд евро (–19,6%).

ИЗ ИТАЛИИ В РОССИЮ

После 2014 года, когда экспорт итальянских станков рассматриваемого сегмента достиг 79,2 млн евро, произошел спад до 31,5 млн евро в 2016 году. В 2017 году наметился рост, составивший в 2017 году 45,2 млн евро и в 2018 году 48,5 млн евро. Рост есть, но пока никто не может с уверенностью назвать это трендом.

Структура экспорта с изменениями относительно 2017 года выглядит следующим образом, доля/прирост:

- Лазеры 15,2%/+15,7%
- Штамповочное оборудование 10,6%/+248,4%
- Гибочное оборудование 26,1%/–6,3%
- Листорезы 13,3%/+125,5%
- Пробивные станки 6,4%/–13,7%
- Прессы 39,6%/–39,6%
- Другие виды машин 21,2%/–10,6%.



Президент итальянской ассоциации станкостроителей UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE Массимо Карбоньеро (Massimo Carboniero)

Проценты выглядят хорошо, но, учитывая цены на современное оборудование, неплохо бы понять экспорт в штуках. На встрече с представителями российских промышленных предприятий президент итальянской ассоциации станкостроителей UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE Массимо Карбоньеро (Massimo Carboniero), подчеркнул, что Италия занимает лидирующие позиции на мировом рынке оборудования для листового металла, и Россия остается для итальянских станкостроителей важнейшим рынком. Ни для кого не секрет, что российский парк оборудования устарел, и хотя отечественная станкостроительная промышленность наращивает производство, она пока не может покрыть потребности промышленности в оборудовании. Это означает, что на российском рынке достаточно места для импортного оборудования, в том числе итальянского.

Зинаида Сацкая



weldex
россварка

19-я международная
выставка сварочных материалов,
оборудования и технологий

15-18 октября 2019

Москва, КВЦ «Сокольники»

www.weldex.ru



**Получите билет
по промокоду**

wlx19iNRN0



21–24.10.2019

ТЕХНОФОРУМ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



www.technoforum-expo.ru

Организаторы:



Российская Ассоциация
производителей
станкоинструментальной продукции
«Станкоинструмент»

При поддержке
Министерства промышленности
и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ

Международная
специализированная
выставка «Оборудование
и технологии обработки
конструкционных
материалов»



Реклама 12+



Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр»



Фото: www.npo-saturn.ru

РЕГИОН — ПРЕДПРИЯТИЕ — УНИВЕРСИТЕТ

VI Международный технологический форум «Инновации. Технологии. Производство» прошел в г. Рыбинске Ярославской области с 15 по 17 апреля. В течение трех дней более 1300 представителей от 426 предприятий из России, стран Европы и США обсуждали высокотехнологичные проекты в различных отраслях промышленности и устройстве городской инфраструктуры. В мероприятии участвовали руководители и профильные заместители субъектов РФ, представители государственных корпораций и холдингов, целого ряда предприятий, инновационных компаний, стартапов, институтов развития и фондов, вузов и отраслевой науки.

Выступающие в ходе пленарного заседания спикеры отметили, что за последние 6 лет из межкорпоративного регионального мероприятия Форум превратился в событие международного масштаба и является эффективной коммуникационной площадкой, где специалисты разных отраслей промышленности могут обмениваться опытом, знаниями, обсуждать тенденции развития новых инновационных технологий, строить планы на будущее.

ПАО «ОДК-Сатурн» — основной организатор Форума — одно из ключевых предприятий ОДК и перед ним, как и перед корпорацией в целом, стоят задачи реализации научно-технологической стратегии развития двигателя, цифровизации на всех этапах жизненного цикла изделия, трансформации модели «Умной фабрики» в производство. Проводимый Форум здесь рассматривают как инструмент инновационного развития. Ряд проектов, обсуждаемых в прошлые годы, уже внедрен на предприятии. Они способствовали тому, что в ПАО «ОДК-Сатурн» начали работу центр аддитивного производства и центр по компьютерному проектированию и моделированию, привлекаются необходимые компетенции и внедряются лучшие практики, был подготовлен фундамент развития на последующие годы.

Все это позволяет организаторам смотреть шире и планировать более масштабно. Не случайно пленарная сессия «Региональные фабрики будущего в национальных проектах» была посвящена ключевым элементам взаимодействия на более глобальном, чем ранее, уровне «регион — предприятие — университет». Впервые были организованы секции «Стратегическое видение развития городов в контексте цифровой экономики будущего», в которой активное участие приняла представительная чешская делегация, и «Город для успешной карьеры: формирование инженерных компетенций у современных детей». Подписание соглашения о сотрудничестве между Ярославским государственным университетом им. П. Г. Демидова и АО «Судостроительный завод «Вым-

пел» также выглядело довольно символичным. Предполагается, что взаимодействие между организациями будет осуществляться, как в плане подготовки кадров, так и по уже наметившимся научно-техническим работам.

Всего в рамках Форума прошло более 20 мероприятий различных форматов по технологическим решениям и компетенциям цифровой и умной фабрик, испытательного полигона производственного типа. Одной из самых массовых, как и прежде, осталась секция «Новые решения в аддитивном производстве», которая затрагивала вопросы синтеза крупногабаритных металлических изделий и продемонстрировала наработки ведущих отечественных и зарубежных компаний. Традиционно состоялась экскурсия на промышленные предприятия Ярославской области.

Неизменным интересом пользовалась выставка стартап-проектов, где предлагались технологические решения разных производственных задач. Так, в компании «Цифра» были готовы делиться наработками повышения эффективности производства с внедрением цифровых систем. Компания Anisoprint показал 3D-принтер, позволяющий печатать пластиком с армированием непрерывным углеродным волокном, что обеспечивает повышение прочности до 20 раз по сравнению с обычным пластиком. Ярославский государственный технический университет представил технологию нанесения новых композиционных никель-фторопластовых покрытий, способных работать в жестких условиях эксплуатации в интервале температур от -200 до 150°C . Они обладают уникальными противопожарными и антиадгезионными качествами, низким коэффициентом трения и могут применяться для улучшения свойств деталей нефтехимического, газового, пищевого и другого оборудования. Другая технология университета — модифицирование поверхности металлических порошков для аддитивных технологий. Путем нанесения на поверхность тонкого слоя добавок она позволяет изменять коэффициент отражения поверхности частиц, создавать композиционные материалы, гомогенизировать смесь разнородных металлических и неметаллических порошков и др. Кроме того, разработки касались «умной» логистики, облачных технологий, реабилитации пациентов при заболеваниях центральной нервной системы с помощью технологий дополненной реальности и др.

Участники дали Форуму высокую оценку и выразили благодарность организаторам за прекрасно подготовленное мероприятие.

Татьяна Карпова

НЕ ИМПОРТОЗАМЕЩАТЬ, А ИМПОРТООПЕРЕЖАТЬ

Серьезная выставка — это не только соревнующиеся в дизайне стенды, продукция и рассказы о ее возможностях. Это обязательно деловая программа, и чем сложнее проблемы отрасли, тем острее постановка обсуждаемых вопросов. Так и было на пленарном заседании международного научно-технического форума «Технологии обработки материалов, робототехника и Индустрия 4.0», которое было посвящено развитию потенциала промышленности России и вкладу российского станкостроения в реализацию национальных проектов.

ЭКСПОРТНЫЕ РЫНКИ

Как рассказал Михаил Иванов, директор департамента станкостроения и инвестиционного машиностроения Минпромторга РФ, был проведен анализ экспортных рынков для наших станкостроителей. Кроме стран СНГ это могут быть такие страны, как Германия, Индия, США, а также новые для нас рынки Вьетнама, Кубы, Мексики и ряда других стран. Однако, подчеркнул Иванов, нельзя рассматривать проблемы экспорта и реализации задач национального проекта «Международная кооперация и экспорт» вне ситуации на мировом рынке станкостроения. «С 2011 года мировой рынок станкостроения, по данным за 2017–2018 год, сократился в среднем на 19%. Азиатский рынок, который занимает сегодня более 50% мирового рынка, упал на 52%. Это связано в частности со снижением темпов роста экономики Китая», и эти факторы необходимо учитывать в работе.

посмотреть, как работают механизмы возврата выданных средств.

Минпром, со своей стороны, считает необходимым расширять сеть региональных и федеральных инжиниринговых центров. В законодательной базе, по словам Михаила Иванова, сегодня не существует определения инжиниринга, тогда как его следует рассматривать в качестве двигателя, который ведет за собой спрос. «Сегодня продается не просто станок, а услуга по обработке, — развивает свою мысль Иванов. — Переход к этой модели требует развития инжиниринга как отдельного отраслевого направления и увязывания через него возможностей нашей промышленности по всем отраслям». Минпром намерен выйти с инициативой поощрять льготами тех, кто при реализации своих проектов использует возможности наших инжиниринговых центров.

ЕСТЬ «ЦИФРА», БУДЕТ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Минпром развивает государственную информационную систему промышленности, которую Михаил Иванов назвал «цифровой артерией, связывающей процессы взаимодействия с потребителями внутри отрасли и вовне». Совместно с компанией «Цифра» Минпром опросил более 100 предприятий, и выяснилось, что на сегодня только 10% из них соответствуют критериям, заложенным в понятие цифрового производства, и еще порядка 40% готовят свои программы цифровизации.

Обращение к «Цифре» неслучайно, потому что циф-

Спрос российской промышленности на продукцию станкостроения оценивается более чем в шесть триллионов рублей за шестилетку.

С февраля заработал основной инструмент поддержки экспорта, а именно постановление № 191, которое задает параметры корпоративных программ повышения конкурентоспособности (КППК). Государство предлагает инструмент льготного финансирования в коммерческих банках, предусматривающий скидку в 4,5% ставки. «Это хорошее подспорье для совершения экспортных сделок, но эти кредиты могут носить и инвестиционный характер», — подчеркнул Иванов.

ВНУТРЕННИЙ РЫНОК

Совместно с администраторами двенадцати национальных проектов был оценен спрос российской промышленности на продукцию станкостроения. Спрос оценивается более чем в шесть триллионов рублей за шестилетку, и, по словам руководителя ФРП Андрея Манойло, уже сейчас половина этого спроса может быть удовлетворена российскими компаниями. По словам Манойло, за пять лет работы ФРП, где можно получить длинные дешевые деньги по понятной процедуре, профинансирован 401 заемщик на 91,9 млрд рублей. Деньги даются не на оборот, а на конкретные программы, которые должны закончиться выпуском новой продукции. Самым главным результатом, говорит Андрей Манойло, стало открытие 137 новых производств. Пришло время

ровизация является сутью работы компании. Павел Рас- топшин, управляющий директор компании «Цифра», рассказал, какие возможности для российских станкостроителей открывает цифровизация. «Производительность труда в российском станкостроении в 10 раз ниже, чем в Германии, и в 30 раз ниже, чем в Японии. При этом колоссальных эффектов можно добиться за счет применения систем класса MDC (machine data collection — система сбора данных) и MES (manufacturing execution system — система управления производственными процессами). В частности, за счет сокращения простоев, снижения затрат на инструмент, наведения порядка и организации сквозной прослеживаемости производства на машиностроительном производстве возможно увеличить производительность труда до 20% и повысить качество готовой продукции. Не будет преувеличением сказать, что Россия в таком софте реально является лидером, потому что у нас подключено 8 тысяч станков на 150 предприятиях таких холдингов, как Ростех, «Алмаз — Антей», КТРВ, «Вертолеты России». Крупнейшее внедрение на одном заводе — 500 станков. Один из крупнейших холдингов соединил более тысячи станков на нескольких предприятиях. Мы реально опережаем других производителей подобного софта и намного опережаем софт тех мировых производителей стан-

ков, которые пытаются продавать его вместе со своими станками. Здесь возможна здоровая конкуренция, так как независимые решения гораздо дешевле, и мы знаем, как продавать такое ПО и такие цифровые решения на международном рынке, где у нас порядка 30 партнеров».

СКОЛЬКО ВЕШАТЬ В ГРАММАХ

Итог пленарному заседанию подвел его модератор Олег Бочкарев — заместитель председателя коллегии Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ. Он довольно категорично высказал требование, чтобы оценка социально-экономического эффекта от принимаемых Минпромторгом усилий была выражена числом. «Минпромторг проделал огромную системную работу законодательного, нормативно-правового, финансового характера, — сказал Бочкарев, но мы критикуем результат. При таком объеме потраченных ресурсов результат государство не устраивает».

Требует осмысления, по словам Бочкарева, бизнес-модель развития отрасли. «Мы видим, что идет торможение станкостроения как бизнеса, где нет ни одной государственной компании, которая занимается разработкой и производством станкостроительной продукции. Сегодня бизнес говорит о нехватке оборотных средств, и надо решать эту проблему».

В итоговом документе содержался также призыв к Минпромторгу придавать максимальную гласность постановлению № 239 «Об установлении запрета на допуск отдельных видов товаров станкоинструментальной промышленности, происходящих из иностранных государств, для целей осуществления закупок для нужд обороны страны и безопасности государства». По словам Бочкарева, в коллегию ВПК опять пошли жалобы о неприоб-

ретении российских станков, и здесь нужна системная, доведенная до числа обратная связь от потребителей — надежность, коэффициент использования, съем готовых изделий, простота, качество, ремонт, сервис. Дать эту системную обратную связь должна ассоциация «Станкоинструмент» как «главный лоббист интересов российских станкостроителей».

Неожиданно из уст Олега Бочкарева прозвучало недовольство тем, что в стране насчитывается 450 предприятий, относящихся к станкостроению. По мнению Бочкарева, это много. Как он сказал, «нужна интеграция, создание холдингов, корпораций, чтобы через два-три года прийти к 10, максимум 15 компаниям, иначе станкостроителям не поможет». При таком подходе на рынке не останется места малому и среднему бизнесу как основе здоровой современной экономики. Столь же категорично было высказано суждение о проблеме компонентной базы, в результате чего «станок российский, а половина стоимости его не российская». Но и, скажем, в немецком станке значительная часть стоимости может быть не немецкой. По мнению Бочкарева, «станкостроение только тогда может считаться сильным, когда комплектующие тоже производятся в России. Два-три поставщика, максимум четыре». За рубежом поставщик комплектующих — это, как правило, малый бизнес, мобильный и инновационный. Стоит ли все загонять в огромные и в силу этого неповоротливые структуры? Во всяком случае, Российскому технологическому агентству поручено «изучить этот вопрос и выразить все в цифрах».

Разговор получился интересный и в чем-то поучительный. Удивительно только, что в разговоре о перспективах развития российского станкостроения не прозвучало мнение ассоциации «Станкоинструмент».

Зинаида Сацкая

ОТ РАЗРАБОТКИ ДО КОММЕРЧЕСКОГО ПРОДУКТА

Частью деловой программы выставки «Металлообработка-2019» стал семинар «Передовые технологии компании «Оерликон». Компания с годовым оборотом в 3 млрд евро и 10 тысячами сотрудников по всему миру на протяжении трех десятилетий наращивает свое присутствие на российском рынке, который считает для себя стратегическим.

Темой семинара стали решения для обработки поверхностей, на которых специализируются компании Oerlikon Balzers, Oerlikon Metco и Oerlikon AM (аддитивное производство).

В России, где главным акционером Oerlikon с долей 40% является компания «Ренова» Виктора Вексельберга, у компании пять площадок. Одна из них, «Ренова Лаб», базируется в Сколково. Ее главной функцией является обучение технологиям Metco. К концу нынешнего года в Сколково предполагается открытие центра разработок, главной задачей которого станет НИОКР и их внедрение по заказам российских клиентов. Почему Metco?

Metco занимает лидерские позиции в области прирабатываемых и термобарьерных покрытий и признанным экспертом в области перевода создаваемых материалов в коммерческие продукты. У компании четыре основных бизнеса:

- материалы, где Metco глобальный лидер;
- оборудование для нанесения покрытий, где Metco также лидер глобального рынка с долей 40–50%;
- компоненты для турбин;
- сервис с двумя направлениями: центры нанесения покрытий, а также НИОКР и поддержка клиентов. Шестнадцать специалистов занимаются разработкой уникальных материалов по заказам клиентов. Metco разрабатывает материалы на металлической основе и керамике, а также решения для любого вида нанесения материала на любую поверхность.

В 2017 компания Oerlikon приобретает итальянскую компанию Scoperta («открытие» — итал.), программы которой позволяют из 10 различных сырьевых материалов создать порядка 2000 сплавов компьютерным методом. Это ускоряет процесс НИОКР и позволяет создавать материалы под требования заказчика. Система может также делать компьютерное прогнозирование поведения создаваемых материалов.

На семинаре была представлена также первая машина для газотермического нанесения покрытий под торговой маркой SurfaceOne.

Зинаида Сацкая

«МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2019»: ЧТО НОВОГО

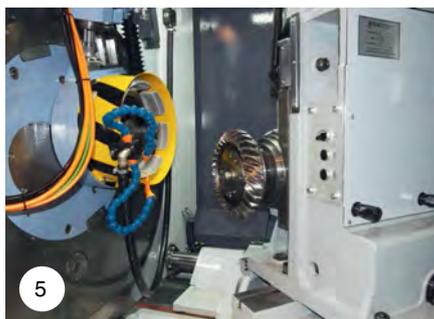
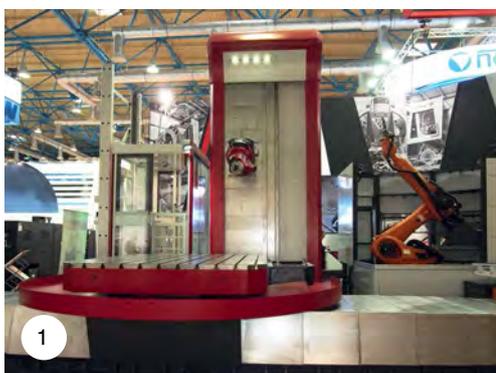
В «Экспоцентре» на Красной Пресне с 27 по 31 мая прошла 20-я международная выставка «Металлообработка-2019», показавшая состояние российского рынка станкоинструментальной продукции, новые и наиболее востребованные образцы оборудования, инструмента, комплектующих, средств автоматизации и измерения, отражая тенденции развития технологий и предоставляя возможность для обмена опытом и обсуждения перспективных проектов.

Выставка объединила на площади 42 тыс. кв. м 1186 предприятий из 33 стран мира, в том числе 590 российских производителей. Были организованы коллек-

тивные стенды предприятий Московской, Калужской, Липецкой и Тверской областей, а также новые разделы «Сварка и родственные технологии» и «Робототехника и автоматизация производства». Хорошее развитие получил раздел «Аддитивные технологии. Промышленная 3D-печать». В рамках деловой программы прошло более 30 крупных отраслевых мероприятий, что позволяет проследить динамику развития отрасли.

Редакция журнала «РИТМ машиностроения» традиционно поинтересовалась у участников о представленных новинках и подготовила фоторепортаж, отражающий лишь отчасти эти интересные экспонаты.

Станки



1. На стенде ООО «Альянс» горизонтально-расточной станок WFT 15R с ЧПУ производства компании FERMATGroup, a.s. (Чехия) с роботом для смены инструмента.
2. ОАО «КЭМЗ». Токарно-фрезерный трехшпиндельный ОЦ «Мультицентр». Состоит из 4 независимых станций, оснащенных 4 столами-спутниками.

3. EMAG. VL 3 DUO — модульный многошпиндельный станок с ЧПУ с двумя рабочими зонами для вертикальной токарной обработки.
4. Окута. Двухшпиндельный токарный станок с ЧПУ 2SP-2500 H.
5. «Киров-Станкомаш». Зубошлифовальный станок KMC-5850 с ЧПУ для обработки конических зубчатых колес с круговым зубом.
6. TruBend Cell 7000 компании Trumpf — самая быстрая система в мире для динамичной и экономичной гибки мелких деталей.
7. Пермский завод металлообрабатывающих станков. Лоботокарный ОЦ с ЧПУ «Протон Т800Л».
8. Многофункциональный центр M30 MILLTURN для обработки валов и коротких деталей с макс. диаметром 520мм и макс. длиной 2000 м, WFL.
9. DMG. Станок для комплексной токарно-фрезерной обработки DMG CTX beta 800 TC + Robo 2GO — максимальная производительность для малых партий.

Роботы



ТНК. Многоцелевой робот TRX-S.



ABB. Коллаборативный робот YUMI с двумя руками.



На стенде ПГ «Промойл» автоматизированная линия токарной обработки с порталным загрузчиком и двумя станками Solex (Neway, Китай).

Лазерные технологии



1. ВНИТЭП. Лазерный комплекс «Навигатор» с волоконным лазером IPG 15 кВт.

На толщине 18 мм (конструкционная сталь) скорость подачи при резке до 8 м/мин.



2. «Центр лазерных технологий». Гравёр FMARK NS FB SF с лазером мощностью 100 Вт. При оснащении модулем АНГ 60 позволяет осуществлять раскрой стального листа до 1,5 мм.

3. ГК «Лазеры и аппаратура». Лазерный комплекс для высокоточной резки и раскроя листовых и рулонных материалов, в т.ч. электротехнической стали.

4. ООО «Лазерный центр». Система лазерно-эрозионной обработки TURBO FORMA.



3



4

Аддитивные технологии



← ООО «Аддитивное Производство» 3D принтер Additive Fabrication AF200 Universal для высокоточной печати керамики по методу SLA.



↑ Группа компаний «Аддитивное производство» (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, «Центр ЭЛТ», ПАО «Протон-ПМ», «ИНКОР», «МИП «КАТ»). Станок для аддитивного производства полного цикла AT-300: проволоочная наплавка, послейное упрочнение (проковка), силовая механическая обработка.

Сварочные технологии



1

1. На стенде «Вектор-групп» сварочный аппарат ОТС DAIHEN модели А350Р. Единственный в мире работает от 0,1 А, обеспечивая сварку сверхтонких толщин.



2

2. Новые сварочные инверторы для полуавтоматической сварки компаний FoxWeld и Selco.



3

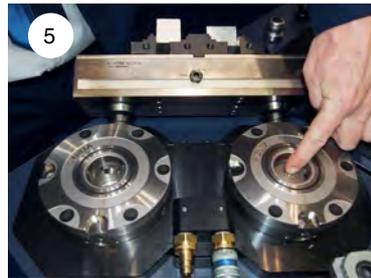
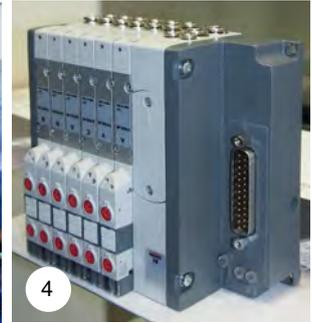
3. ИСТ. Установка электро-шлаковой сварки АЭШС17.



4

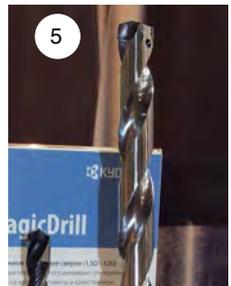
4. Kemppi. Роботизированная система для дуговой сварки с использованием сварочного источника А7 MIG WELDER.

Комплектующие



1. СКБ ИС. Компактное устройство индикации ЛИР 510М.
2. Линейные направляющие Rollon серии Telerace (высокая грузоподъемность, оптимальны при вертикальном монтаже, надежны в загрязненных условиях), Negra Rail (свехвыдвижение до 200%).
3. Bosch Rexroth. Прототип сборочной линии в рамках концепции «Фабрика будущего».
4. Samozzi. Пневматический остров с технологией COILVISION.
5. Schunk. Система быстрого базирования с автоматической пробкой, препятствующей накоплению стружки внутри магазина. Система нулевой точки обеспечивает базирование внутри станка и закрепление оснастки или заготовки с жесткостью, достаточной для тяжелой обработки.
6. Hiwin. Умная ШВП 4.0. С помощью сенсора и вычислительного модуля производительность ШВП может быть визуализирована.
7. «Модмаш-Софт». Система ЧПУ FMS-3500
8. На стенде ОАО «КЭМЗ». 8-осевая система ЧПУ IntNC PRO компании «ИНЭЛСИ» на токарно-фрезерном обрабатывающем центре KTC 4000.
9. Приводная фрезерная голова EWR с регулируемым углом наклона инструмента

Инструмент



1. Guhring. Высокопроизводительная фреза с PCD с инновационным способом удаления стружки от детали.
2. Система автоматической выдачи инструмента Tool24 модели Pick One, Hoffmann Group.
3. Mitsubishi Materials. Фреза WJX с двухсторонними пластинами для обработки с высокой подачей.
4. Сверхлегкая фреза CoroMill390 компании Sandvik Coromant, изготовленная из титанового порошка методом 3D-печати.
5. Куосера. Сверло Magic Drill DRA с глубиной сверления 12D.
6. Кировградский завод твердых сплавов. Токарные резцы с пластинами для обработки алюминия. Особенности пластин: острая кромка, полированная передняя поверхность, шлифованная задняя поверхность.
7. «СКИФ-М». Фрезы нового поколения повышенной надежности с пластинами агрессивной геометрии для ОЦ.

Метрология



1. Mitutoyo. Контурграф-профилометр для контроля геометрии и шероховатости деталей с точностью 1,2 мкм.
2. Портальная мультисенсорная видеоизмерительная система NVM-P0405 Norgau.
3. «Диамех». Система диагностика металлорежущих станков.
4. Links Russia (Группа компаний Meatec). Цифровой штангенциркуль с поворотным дисплеем ШЦЦ 150 с точностью 0,05 мм. Цифровой индикатор с перпендикулярным расположением дисплея с допустимой погрешностью 0,02 мм. Пр-во: НМСТ (Китай).
5. На стенде IQB Technologies. Портативный 3D-сканер HandySCAN3D компании Creafom. Точность 0,025 мм, масса 0,94 кг, скорость — до 130000 измерений в секунду.
6. На стенде «ТРАНСЕТ» высокоточные индикаторы HAIMER.
7. Многоосевой калибратор Renishaw XM-60 — измерение 6 степеней свободы в любой ориентации после однократной настройки.
8. На стенде «Нева Технолоджи». Роботизированный отражатель API Active Target 6DOF устройство Smart Track для калибровки станков, промышленных роботов, КИМ.
9. Гибридная лазерная измерительная система Blum LC52 для настройки и контроля инструмента в токарно-фрезерных станках.

EMO

Hannover

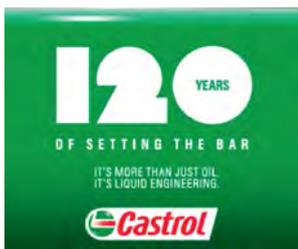
Мир металлообработки



INFO:
VDW – Generalkommissariat EMO Hannover 2019
Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.
Corneliusstraße 4 · 60325 Frankfurt am Main · GERMANY
Tel.: +49 69 756081-0 · Fax: +49 69 756081-74
emo@vdw.de · www.emo-hannover.de

Информация и билеты
Deutsche Messe RUS
Staropetrovsky proezd 11, bld. 1,
"Staropetrovsky Atrium" Business Center, office 101A
125130 Moscow
Tel.: +7 495 669 4646, Fax: +7 495 662 5343
E-Mail: info@hf-russia.com





CASTROL ПРЕДСТАВИЛА РЕЗУЛЬТАТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА С ГРУППОЙ RENAULT НА ВЫСТАВКЕ «МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2019»

Компания Castrol, производитель высококачественных смазочных материалов для использования в автомобильном, коммерческом и промышленном сегментах, приняла участие в 20-й международной специализированной выставке «Металлообработка-2019», презентовав результаты плодотворного сотрудничества с Группой Renault — спектр смазочных материалов для металлообработки.



Выставочный стенд компании был посвящен сотрудничеству с Группой Renault, а болид команды Renault Sport Formula One Team стал его центральной композицией. Слоган на стенде Castrol гласит: «Микроны в обработке — секунды на трассе. Мы помогаем сделать это реальностью». В связи с тем, что болиды «Формулы-1» подвержены экстремальным нагрузкам на трассе, каждая деталь суперкара и смазочные материалы должны быть высочайшего качества. На заводе Renault важными продуктами в операциях металлообработки являются смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), пластиковые смазки, масла для направляющих скольжения, редукторные масла компании Castrol, которые используются для высокотехнологичного производственного оборудования заводской команды.

Также особое внимание на выставке было уделено инновационной технологии **Castrol XBB** (eXcept **B**oron and **B**iocides), которая лежит в основе создания двух ключевых продуктовых семейств водосмешиваемых СОЖ **Hysol XBB** и **Alusol XBB**. Благодаря уникальному составу продуктов Hysol XBB и Alusol XBB снижается потребность в использовании биоцидов, что подтверждено как в лабораторных условиях, так и в процессе производственных испытаний в России и в мире. Таким образом, предприятия могут обеспечить безопасность персонала при работе с СОЖ, а также сократить долю вредных для окружающей среды веществ в производственных отходах. При

этом продукты, созданные на основе технологии XBB, работают, как правило, эффективнее СОЖ, содержащих соединения бора и биоциды, и позволяют добиться более высокого качества обработки наряду с увеличением стойкости инструмента.

«Для нас очень важно, что уже не первый год компания Castrol принимает участие в одной из крупнейших российских выставок в области металлообработки, — комментирует Анна Глаголенко, менеджер по маркетингу направлений «коммерческий транспорт» и «индустрия Castrol Россия». — 2019 год стал знаковым для нашей компании: Castrol отмечает 120-летний юбилей. Поэтому мы рады поделиться с посетителями выставки богатой экспертизой и инновационными технологиями, которые были созданы для улучшения качества эксплуатации оборудования и обеспечения безопасности работников на производстве».

В рамках деловой программы выставки на конференции «Индустриальные масла и СОЖ в металлургии, металлообработке и машиностроении — 2019» генеральный директор независимой лаборатории по анализу смазочных материалов МИЦ ГСМ Константин Смирнов представил доклад о разработке программы контроля состояния СОЖ, подготовленной совместно с экспертами Castrol.

www.castrol.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 обрабатывающий 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.





ЗОЛОТОЙ ЮБИЛЕЙ IMTEX

Индийская ассоциация производителей станков (IMTMA) провела свои флагманские выставки IMTEX 2019 и Tooltech 2019 в Международном выставочном центре (ВІЕС) в Бангалоре с 24 по 30 января 2019 года.

IMTEX — это выставка с большой историей. На протяжении 50-ти лет она привлекает посетителей и делегатов обрабатывающей промышленности, в том числе ключевых лиц, принимающих решения и определяющих политику, а также флагманов отрасли, которые стремятся представить новейшие технологии и производственные решения для производственных линий. Здесь демонстрируют последние тенденции и новшества в станках и режущих инструментах, как производителей из Индии, так и со всего мира.

ИСТОРИЯ

Выставка IMTEX была основана в 1969 году при участии 26 компаний-членов IMTMA из Индии, а также Центрального научно-исследовательского института машиностроения и Индийского технологического института.

IMTEX 1972 года совпала с серебряным юбилеем IMTMA и была сосредоточена на освещении достижений индийских производителей в области дизайна и диверсификации. С более чем 120 000 посетителей, суммами бизнес-контрактов на 6 млн рупий и запросов на 250 млн рупий она стала бесспорно успешным событием.

Вскоре, к 1975 году IMTEX уже приобрела имидж крупнейшей отраслевой промышленной выставки в Индии. На ней было представлено более 500 станков и более 100 недавно разработанных станкостроительных изделий индийских производителей. Запросы на сумму 2,0 миллиардов рупий и экспортные запросы на сумму более 20 миллионов — стали результатами развития.

В последние годы отмечается неуклонный рост как по числу экспонентов — до 650 компаний, из которых зарубежных до 240 из 18 стран мира, так и по суммам контрактов — до 300 миллионов рупий, запросов — до 1,5 млрд рупий, экспортным запросы — до 100 миллионов рупий.

Основными достопримечательностями выставки IMTEX, состоявшейся в 1986 году, стал показ 120 станков с ЧПУ и первых отечественных промышленных роботов.

В 1989 году, после 20 победных лет, Всеиндийская выставка станков была официально переименована в Индийскую выставку станков (IMTEX). В ее открытии участвовал премьер-министр Шри Раджив Ганди, а число посетителей составило более 200 000 человек.

Индийская станкостроительная ассоциация IMTMA, созданная свыше 60 лет назад для стимулирования производства и сбыта станков и КПО, сегодня объединяет порядка 500 членов, которые составляют 90% организованных производителей станков и сопутствующего оборудования. Это крупные, средние и мелкие предприятия производства и сбыта всей гаммы металлообрабатывающего оборудования, принадлежностей и вспомогательных устройств для станков и КПО, режущего инструмента и инструментальных систем. IMTMA стремится поддерживать своих членов с целью повышения их конкурентоспособности, эффективности, производительности, а также предпринимает инициативные меры для развития металлообрабатывающей промышленности Индии, стремясь увеличить спрос на продукцию своих членов.

В 1992 году IMTEX переезжает в Нью-Дели и демонстрирует уже 200 станков с ЧПУ. Высокий рост во всех секторах индийского машиностроения поддерживает развитие, как зарубежного и отечественного бизнеса, так и выставки. Всего несколько лет спустя пять залов были выделены исключительно для выставки Tooltech, что в то время было беспрецедентным.

В 2004 году IMTEX возвращается в Мумбаи и подтверждает имидж самой обширной выставки производственных решений в Южной и Юго-Восточной Азии — 1150 экспонентов из 27 стран мира. Интересным аспектом стало присутствие на выставке более 95% индийской станкостроительной промышленности. Это массовое участие привело к появлению ВІЕС — Международного выставочного центра в Бангалоре, который был построен и открыт для размещения IMTEX & Tooltech в 2007 году.

В последующие годы выставка разделилась на две — IMTEX Cutting и IMTEX Forming, проводимые через год.



«Мы рады, что, отмечая 50-летний юбилей IMTEX, мы имеем возможность рассказать эту историю нашему современному поколению и вдохновить его на продвижение факела, который зажгли наши отцы-основатели, когда организовали первую выставку 50 лет назад», — отметил г-н Анбу, генеральный директор IMTMA.

IMTEX 2017 и Tooltech 2017 привлекли 75,440 посетителей. В ходе выставки были получены заказы на сумму 1.7 млрд рупий и запросы на сумму 19 млрд рупий. По сравнению с IMTEX 2015 число заказов увеличилось на 16%, а количество запросов — на 21%.

IMTEX 2019

Статистика юбилейной IMTEX FORMING & Tooltech впечатляющая: 1222 экспонентов, 91446 посетителей, 26 стран участников, 7 национальных павильонов, 150 торговых делегаций, заказы на 353 млн долларов США, запросы — еще на 3,42 млрд долларов США.

Были открыты новые выставочные тематические павильоны. В павильоне AME были представлены зоны, посвященные инновациям в разработке, проектировании и изготовлении продуктов с помощью аддитивного производства. Для привлечения молодежи были организованы зоны стартапов и презентаций тематических исследований инженеров и студентов. В павильоне «Индустрия 4.0» показывали решения для сбора данных и обеспечения безопасности и коммуникации в сетях, управляемые транспортные средства, интеллектуальные системы обработки и передачи данных, роботов-гуманоидов/Cobots и системы наблюдения I4.0. Software Expo была посвящена системам CAD/CAM/CAE, ERP, интегрированным системам Industry 4.0 и решениям Smart Factory. Руководствуясь необходимостью установления связей между промышленностью и научными кругами, IMTMA открыла павильон i2 для участия на бесплатной основе индийских академических учреждений, чтобы они могли продемонстрировать свои научно-исследовательские возможности в области металлообработки. Здесь были представлены 50 учреждений, в т.ч. из Мумбаи и Канпура. Выставка также предложила насыщенную деловую программу.

ТЕНДЕНЦИИ В ИНДИЙСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

В настоящее время Индия занимает 10 позицию в производстве и 8 в мире по потреблению станков.

Индийское производство станков (по оценкам) составило 1.53 млрд долларов США в течение 2017–18 гг., зафиксировав рост на 25% с 837 млн долларов США в 2016–17 гг. Потребление станков составило 2.12 млрд долларов США в течение 2017–18 гг., рост составил 27% с 1.67 млрд долларов США. Предполагается, что производство станков в 2018–1919 годах достигнет 1.30 млрд долларов США, а потребление — 2.45 млрд долларов США.

Предполагается, что спрос увеличится на 20% в течение 2018–19 года, а производство увеличится на 25% за тот же период. Оборонный и аэрокосмический секторы будут стимулировать спрос на станки. Страна стремится стать ключевым игроком в мировой индустрии станков.

Эксперты Всемирного экономического форума также полагают, что в следующие 10 лет Индия будет расти на 7,5% в год и к 2030 году из шестой экономики мира (с номинальным объемом ВВП в 2,6 трлн долл.) станет третьей (с объемом ВВП по официальному обменному курсу в 6 трлн долл.). И для таких прогнозов есть основания.

Ожидания потребительского бума в Индии будут стимулировать международную торговлю. В настоящий момент основными торговыми партнерами Индии являются такие страны, как Китай, США, ОАЭ, Саудовская Аравия, Сингапур, Великобритания и Южная Корея. По итогам 2017 года страна экспортировала товаров на общую сумму в 216 млрд долл., а импортировала — на 337 млрд долл.

Несомненно, данные тенденции найдут отражение и в выставке IMTEX. IMTEX FORMING 2020, на которой будут представлены все аспекты технологий формования преимущественно листового металла, пройдет в Бангалорском международном выставочном центре с 23 по 28 января 2020 года. Tooltech 2020, посвященная штампам и пресс-формам, формовочным инструментам, станочным принадлежностям, метрологии и CAD/CAM, будет проводиться одновременно.





聯合開幕典禮

2019年3月5日至6日



TIMTOS: ТОРЖЕСТВО ИНЖЕНЕРНОЙ МЫСЛИ

Двадцать седьмая выставка станков «ТИМТОС» прошла в начале марта в Тайбее (Тайвань) при поддержке Совета по развитию внешней торговли Тайваня TAITRA и Тайваньской ассоциации машиностроительной индустрии TAMI.

В этом году она стала особенной благодаря новому павильону TaiNEX 2, площади и мощности которого позволили TIMTOS выйти на третье место среди лучших мировых выставок станков и инструмента. И благодаря которому были взяты новые высоты в объеме площадей, количестве участников и посетивших выставку специалистов, студентов и иностранных делегаций.

В этом году в TIMTOS приняли участие 1230 экспонентов из 26 стран, в том числе промышленные гиганты: DMG MORI, MAZAK, FANUC, SIEMENS, SODIK и HEIDENHAIN. Из крупных местных фирм: FFG, Chain Headway, Soco Machinery, Tongtai, Goodway, Chevalier. Помимо традиционных экспозиций из Швейцарии и Германии компании из США, Дании и Турции впервые были представлены в национальных павильонах. Присутствие стран — лидеров мирового станкостроения свидетельствует о важности и жизнеспособности этой отрасли в стране и показывает уровень выставки, когда участие в ней становится обязательным мероприятием для всех, кто принимает решения в области станкостроения. За шесть дней выставку посетили 54000 специалистов, 7500 из которых — иностранные делегации и частные покупатели.

КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА ВЫСТАВКИ И ФОРУМА

TAITRA продемонстрировала захватывающую выставочную программу, многочисленные встречи на высшем уровне и возможности общения в рамках экосистемы тайваньского и мирового станкостроения. Все желающие могли получить рекомендации для бизнеса и заключить партнерские соглашения.

Саммит TIMTOS в Тайбэйском международном конференц-центре TICC собрал представителей ведущих международных и отечественных фирм, включая ABB,

Dassault Systems, Airbus, DMG, Siemens, Bosch Rexroth и др. Высшие руководители всемирно известных брендов и отраслевые эксперты предложили свои взгляды на будущие тенденции по четырем темам: «Машинный интеллект и AIoT», «Аддитивное производство», «Революция в автомобильной промышленности» и «Инновации в аэрокосмическом производстве».

Было проведено более 40 семинаров по новым технологиям и выпуску новых продуктов. Кроме того, программа выставки включила в себя 14-ю церемонию вручения премии «Станкостроительная промышленность Тайваня» за выдающиеся достижения в области исследований и инноваций, встречи по вопросам закупок, брифинг по рынку машиностроения в Малайзии и церемонию подписания меморандума о взаимопонимании между TAITRA и Ассоциацией литейного и инженерного оборудования PENFEIA, Тайваньско-японское совещание по экономическому и торговому обмену и др.





✓ Новый выставочный зал TaiNEX 2 выставочного центра «Тайбэй Нанганг» — проект расширения, осуществляемый Министерством экономики (MOEA) и управляемый Советом по развитию внешней торговли Тайваня (TAITRA) — открыл свои двери 4 марта 2019 года.

✓ Первая выставка в TaiNEX 2 — это выставка-тяжеловес — TIMTOS–2019, 3-я в мире и 2-я крупнейшая в Азии!

✓ TaiNEX 2 — первый выставочный зал, получивший «Золотой знак экологического строительства» на Тайване. Он предлагает 156 700 кв. м площади для размещения 32 000 посетителей выставок, конференций, деловых встреч и мероприятий. Удобная транспортная развязка связана с двумя линиями метро, 1296 парковочных мест, выставочные площадки с 12-метровой высотой потолка на 1-м этаже и 9-метровой высо-

той потолка на 4-м этаже — таковы особенности TaiNEX 2.

✓ Многофункциональный конференц-зал на 7 этаже откроется в ноябре этого года. В сочетании с открытой площадкой в 6100 кв. м с видом на Тайбэй он привлечет организаторов конференций и других мероприятий.

✓ Ожидается, что TaiNEX 1 и TaiNEX 2 станут основными площадками индустрии делового туризма Тайваня, а также одними из крупнейших конгресс-центров и выставочных центров в Азии. Общая вместимость этих двух павильонов составляет более 5000 стендов и 38 конференц-залов. Поскольку TaiNEX 2 представил еще больше выставочных площадей, масштаб TIMTOS 2019 года расширился до 7000 стендов, почти на 30%, и стал рекордным для TIMTOS.

РАЗВИТИЕ СРЕДНЕГО И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

TIMTOS служит не только площадкой для демонстрации продукции, но и местом для привлечения талантливой молодежи. В этом году выставку посетило более 7200 учащихся из 53 учебных заведений, что на порядок больше, чем в предыдущем году. Для этого в стране оказывается мощная поддержка Министерства образования и смежных секторов, благодаря которой в рамках выставки реализуется практическое обучение. В дополнение к Институту индустриально-технологических исследователей ITRI и Центру разработки точного машиностроения РМС к участию в выставке также присоединились Университет Чунг-Ченга (Chung Cheng University), Университет Формозы (NFU) и Глобальный исследовательский и промышленный альянс Департамента техники и технологий Министерства науки и технологий.

«Индустрия 4.0», «умное производство» и искусственный интеллект были в центре внимания этого года.

TIMTOS предоставил доступ к инструментам и услугам, необходимым для оптимизации работы предприятия от исследований и разработок до интегрированных цепочек поставок, от специализированных подразделений до комплексных решений.

Тайваньские станкостроительные компании применяют роботизированные манипуляторы, системы автоматической смены матриц, датчики и системы искусственного интеллекта для создания интеллектуальных производственных линий для резки металлов и литья из алюминиевых сплавов. Например, на выставке были представлены умная фабрика YCM, новый 5-осевой станок и двухколонный станок Kao Fong, а также станки нового поколения Honor Seiki, специально предназначенные для



авиастроения. В новой зоне AR Experience Zone с помощью средств дополненной реальности (AR) демонтированы конструкции металлоформирующих станков.

По словам г-на Хуанга, председателя TAITRA, машины являются основой всех отраслей промышленности. Во время своей речи на церемонии открытия выставки г-н Хуанг сказал: «Все винтики и колеса, поддерживающие наш мир, вращаются! Мы приветствуем наших экспонентов, партнеров, друзей! Именно вы формируете наш мир! Сегодня мы хотели бы показать, как Тайвань может помочь вам воплотить ваши идеи в жизнь, превратить ваше видение в реальность и построить будущее, о котором вы всегда мечтали».

УМНЫЕ МАШИНЫ И ПРОИЗВОДСТВО

В августе прошлого года TAMI опубликовала отраслевой технический документ об интеллектуальных машинах, планируя продолжить работу в направлении создания «умных» машин и производств и стать их мировой столицей.

TAMI сообщила, что она облегчит доступ интеллектуальных машин к облачным сервисам и создаст команду, которая поможет создать платформу облачного сервиса специально для машин, а также окажет поддержку в продвижении этой платформы среди производителей оборудования. Это повысит уровень машиностроительной отрасли и поможет промышленности достичь объема в 2 трлн тайваньских долларов к 2025 году.

Машиностроительная отрасль Тайваня продолжает расти. Экспортная стоимость машиностроения достигла 27,4 млрд долларов США в 2018 году, что на 7,2% больше, чем в 2017 году, в то время как объем производства увеличился на 80 млрд тайваньских долларов и достиг 1,18 трлн, что составляет 7,3% роста и демонстрирует новые исторические рекорды. Экспорт машиностроительного оборудования составил 3,66 млрд долларов США, увеличившись на 9,5% по сравнению с прошлым годом.

Поскольку более 70% продукции станков Тайваня экспортируется, будущее отрасли зависит от глобальной экономики. Хотя станкостроители Тайваня частично получили заказы, тем не менее торговый спор между США и Китаем, а также Brexit сдерживают экономику. Чтобы отреагировать на торговый спор, возрастает необходимость создания производств за рубежом, особенно это касается деловых возможностей во Вьетнаме и Индии.

Тайвань — это страна «умного» производства. Миссия TIMTOS — быть единым механизмом со всеми экспонентами и посетителями, расти и развиваться вместе с ними. Тайвань — небольшая страна по размеру, но большая в стремлениях. TIMTOS — это хороший пример торжества инженерной и человеческой изобретательности маленькой островной нации, принимающей глобальные вызовы.



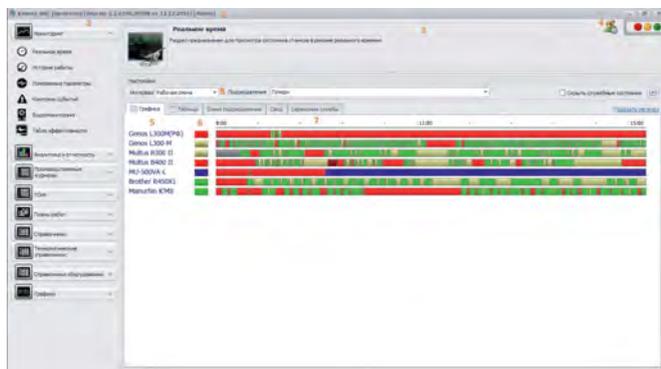


«ПУМОРИ»: НАВСТРЕЧУ «ИНДУСТРИИ 4.0»

В Корпорации «Пумори» хорошо понимают: будущее за теми, кто неуклонно движется по пути к «Индустрии 4.0» и активно осуществляет цифровизацию производства. Цифровая компания отличается снижением времени выполнения заказов и оперативностью реагирования на ожидания потребителей.

Так, в компании «Пумори-инжиниринг инвест» большинство бизнес-процессов автоматизировано — как в офисах, так и на производстве. Более того, компания работает над тем, чтобы иметь цифровые каналы коммуникации с поставщиками и клиентами.

Компания предлагает своим клиентам систему мониторинга работы оборудования российского производства, которая называется «Автоматизированная информационная система «Диспетчер» (АИС «Диспетчер»). Она внедрена более чем на 70 предприятиях, совместима со всем оборудованием с программным управлением, а также может устанавливаться и на станки без ЧПУ. Система предназначена для сбора объективной информации о работе оборудования и персонала, для оперативного реагирования на отклонения от производственного процесса и для формирования аналитических отчетов по результатам работы за любой период в любом разрезе с целью последующего анализа. По сути, это — инструмент для повышения эффективности работы оборудования.



АИС «Диспетчер» — онлайн-мониторинг работы оборудования в виде линейных диаграмм

Во-первых, АИС позволяет сделать производство более прозрачным. В любой момент руководитель, имеющий соответствующие права доступа, может знать, на каком оборудовании что конкретно изготавливается и что уже изготовлено. Во-вторых, система позволяет оперативно информировать ответственные службы об отклонениях от производственного процесса. Если службы не отреагируют на сигнал в течение определенного времени, то информация будет отправлена руководителю на уровень выше. Таким образом снижается время нерегламентированных простоев оборудования. В-третьих, информация о параметрах работы оборудования и фактической трудоемкости изготовления продукции — это исходные данные для оптимизации производственных и технологических процессов.

Сначала АИС была опробована компанией «Пумори-инжиниринг инвест» у себя: в Инженерно-техническом центре было установлено 8 единиц высокотехнологичного оборудования. Система позволила выявить некоторые внутренние сложности и причины простоев оборудования и в результате принять обоснованные решения. После

этого АИС «Диспетчер» была успешно внедрена на предприятиях клиентов, и они тоже получили экономический эффект. Например, на одном из предприятий по субъективным ощущениям руководства в первую смену выработка была гораздо выше, чем в ночную смену. С помощью установленной системы мониторинга выявили, что станки в ночную смену работали на заниженных режимах резания. Пользуясь отсутствием руководства, операторы делали это для того, чтобы меньше проводить времени у станка, реже менять заготовки. Введение контроля через АИС исправило ситуацию.

На выставке «Иннопром» специалисты компании «Пумори-инжиниринг инвест» подробнее расскажут о системе «Диспетчер» и предложат осмотреть ее в действии.

Компания «Техтрейд» (также входит в корпорацию «Пумори») с 2012 года одной из первых в России и СНГ внедряет концепцию системы инструментообеспечения (СИО, Tool Management) на ведущих промышленных предприятиях страны. Система инструментообеспечения позволяет эффективно решать вопросы, связанные с работой инструментов, оптимизацией управления инструментальным складом, сокращением издержек и автоматизацией закупок. СИО обеспечивает работу оборудования без простоев, правильный выбор инструмента и контроль себестоимости на единицу продукции.

Но по-настоящему умным инструментообеспечение становится только благодаря новым разработкам в рамках развития концепции «Индустрия 4.0». Такие разработки предлагает, в частности, партнер «Техтрейда» — компания ISCAR, один из ведущих мировых производителей инструмента и инструментальных систем. Среди новинок компании:

- **Приложение MATRIX Android.** Позволяет управлять традиционным складом и инструментальной кладовой с любого Android-устройства.

- **Система POUCH.** Способствует применению правильной инструментальной оснастки для выполняемой операции.

• MATRIX RTLS —

система позиционирования в режиме реального времени. Отслеживает перемещение товарно-материальных ценностей, измерительных инструментов, приспособлений, оснастки и испытательного оборудования.

На выставке «Иннопром» можно будет



Система инструментообеспечения MATRIX

получить подробную консультацию специалистов компании «Техтрейд» об этих и других решениях умного инструментообеспечения.

Также и другие компании корпорации «Пумори» активно внедряют у себя и предлагают своим клиентам цифровые решения, позволяющие постепенно переходить на технологии «Индустрии 4.0».

Стенд корпорации «Пумори» на «Иннопроме» — 2В3.

www.pumori.ru

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА

ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ПРОГРЕСС, ДОСТИГНУТЫЙ В ОБЛАСТЯХ СОЗДАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ, СПЕЦИАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, СРЕДСТВ И ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ, ПОЗВОЛЯЕТ РЕШАТЬ АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ИЗ ХРУПКИХ И СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТАКИХ КАК СТЕКЛО, САПФИР, КЕРАМИКА, УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИТЫ, КЕРАМОКОМПОЗИТЫ И ДР.

Ультразвуковые колебания широко используют в различных технологических процессах. Их применяют для очистки поверхностей от загрязнений, сварки пластмасс и мягких металлов, пайки, интенсификации обработки резанием и пластическим деформированием, химических и электрохимических процессов, при нанесении покрытий, поверхностном упрочнении, получении порошковых материалов и графена, перемешивании различных жидкостей и эмульсий. Кроме того, ультразвуковые методы широко используются для неразрушающего контроля (выявление дефектов, трещин и пор, определение уровня внутренних и остаточных напряжений, измерение толщины покрытий и др.).

Ультразвуковая обработка имеет несколько разновидностей:

1. Ультразвуковая обработка в абразивных суспензиях (УОАС).

2. Ультразвуковая обработка инструментом с абразивным рабочим слоем (закрепленным абразивом), которую в соответствии с базовыми схемами механической обработки можно классифицировать как:

- ультразвуковое фрезерование;
- ультразвуковое шлифование;
- ультразвуковое сверление;
- ультразвуковое полирование.

3. Традиционные процессы механической обработки, выполняемые с наложением ультразвуковых колебаний различной направленности.

Ультразвуковую обработку применяют для выполнения самых разных операций: разрезания заготовок на пластины, вырезание из пластин деталей различной формы и размеров, изготовление отверстий, щелей, полостей, шлифование, фрезерование, точение, нарезание резьбы, гравирование и клеймение. Некоторые из этих операций показаны на рис. 1.

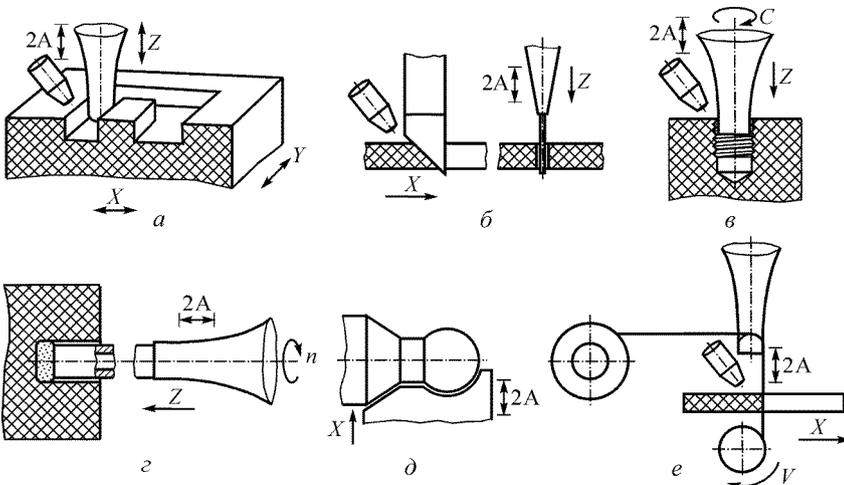


Рис. 1. Некоторые операции ультразвуковой обработки: а — фрезерование; б — резка; в — нарезание резьбы; г — прошивка глубокого отверстия; д — точение; е — резка (вырезка) проволочным инструментом

Ультразвуковое разрезание может производиться ножевидным инструментом (рис. 1б) с толщиной режущей части 0,08...0,5 мм или стальной проволокой (рис. 1е). Стальную проволоку используют для вырезки сложно-профильных изделий из листа толщиной до 10 мм и обработки узких щелей. Для обработки деталей, имеющих поверхности вращения, используют схему, показанную на рис. 1д. УЗРО является практически единственным способом нарезания резьбы в твердых керамических материалах (рис. 1в). Инструмент вместе с ультразвуковой головкой подается в осевом направлении посредством винта, имеющего шаг нарезаемой резьбы, или устройством ЧПУ (винтовая интерполяция). Резьба получается тем точнее, чем меньше абразивные зерна и амплитуда колебаний.

Изготовление сквозных и глухих отверстий — наиболее распространенная операция УЗРО. Размеры отверстий, обрабатываемых ультразвуковым методом, находятся в пределах 0,1...120 мм. Точность обработки отверстий соответствует 7...10 квалитетам. Обработку вращающимся инструментом с закрепленным абразивом используют для прошивки отверстий, в том числе и глубоких до 300 мм (рис. 1г).

Ультразвуковая обработка в абразивных суспензиях основана на удалении материала свободными абразивными зёрнами при наложении ультразвуковых колебаний на деталь или инструмент.

С ее применением хорошо обрабатываются хрупкие материалы (стекло, твердые сплавы и др.), частицы которых скалываются ударами зерен абразива. Вязкие материалы (незакаленная сталь, латунь) обрабатываются этим способом редко. Она позволяет существенно упростить и ускорить процесс изготовления фасонных деталей из керамики. Появляется возможность выполнять в них отверстия и углубления сложной формы, получать

и доводить точные элементы матриц, пуансонов, фильер и множества других деталей из твердых сплавов, керамики и сверхтвердых материалов.

Абразивная суспензия подается между вибрирующей в нормальном направлении с амплитудой A поверхностью инструмента и обрабатываемым изделием. Инструмент прижимается к заготовке с нормальной силой N , обеспечивающей необходимое контактное давление p_a . Колеблющийся с частотой порядка 20 кГц инструмент совершает удары по частицам абразива, воздействуя через них на заготовку. Под ударами зерен абразива с поверхности заготовки скалываются мелкие частицы материала.

Наряду с преобладающим фактором удаления материала (скалывание жесткими ударами инструмента через абра-

Мы поймем падающий груз от 5 кг до 500 тонн на круглом штоке.

живные частицы) имеют место процессы разрушения, обусловленные: резанием материала абразивными частицами, перемещающимися в зазоре между инструментом и заготовкой, кавитационным схлопыванием пузырьков (кавитационное разрушение) и, при наличии в суспензии химически активных компонентов и поверхностноактивных веществ, химической эрозией.

Профиль обработанной поверхности с высокой точностью (~0,01 мм) повторяет форму инструмента. Точность зависит от размеров и износа инструмента, жесткости технологической системы, размера зерен абразива и технологических режимов обработки.

Износ инструмента определяет срок его службы и оказывает существенное влияние на точность обработки. Изнашивание в продольном направлении происходит из-за разрушения торца инструмента при ударах по абразивным зернам и зависит от физико-механических свойств материала инструмента, а также от зернистости абразива. Поперечный износ является следствием побочного резания, которое совершается между боковой поверхностью инструмента и стенкой обрабатываемого отверстия, и зависит от величины паразитных колебаний инструмента в поперечном направлении, геометрии и профиля инструмента.

Эффективность УОАС определяется не только числом и размерами сколов от ударов инструмента по частицам абразива, но и условиями перемещения и удаления частиц обрабатываемого материала и разрушенного абразива из зоны обработки.

С увеличением площади рабочей поверхности инструмента линейная скорость ультразвуковой обработки уменьшается. Это обусловлено тем, что определяющую роль в перемещении частиц абразива под рабочей поверхностью инструмента играют кавитационные пузырьки. Их схлопывание создает мощные гидродинамические потоки и способствует перемещению частиц рабочей среды и выводу продуктов разрушения, однако при этом абразивные частицы разбрасываются от центральной зоны рабочей поверхности инструмента. Вследствие этого на ней меньше абразивных частиц, что снижает скорость обработки. По этой причине при УОАС сквозных отверстий используют инструменты в виде полых трубок, а для выполнения пазов и разрезания пластин — ножового типа. Для улучшения условий подачи в рабочую зону абразивной суспензии применяют ее принудительную прокачку через тело инструмента в прямом или обратном (всасывание) направлении.

Статическая нагрузка (давление в контакте) оказывает большое влияние на производительность ультразвуковой обработки. При увеличении контактного давления съем материала увеличивается до максимального значения, а затем снижается. Рост статической нагрузки влечет за собой увеличение износа инструмента вследствие интенсификации абразивного воздействия. Износ инструмента принято оценивать величиной относительного износа, т.е. отношением объемов изношенного материала инструмента и удаленного материала заготовки, выраженного в процентах. С ростом статической нагрузки шероховатость снижается, достигая минимального значения, а затем увеличивается.

Производительность увеличивается с ростом амплитуды, однако при больших амплитудах возрастает ударная нагрузка на абразивные зерна, что приводит к их разрушению и снижению скорости обработки.

Производительность увеличивается с ростом частоты колебаний. Одновременно снижается стойкость инструмента.

Для заданных условий обработки имеется оптимальный размер абразивных частиц, обеспечивающий максимальную скорость удаления материала. Шероховатость поверхности с ростом размеров частиц до ~100 мкм растет, а при обработке частицами больших размеров остается практически неизменной или даже несколько падает.

Следует отметить также, что производительность УОАС снижается с увеличением вязкости и твердости обрабатываемого материала. Она растет с увеличением твердости материала абразива.

С ростом размеров зерна увеличивается шероховатость обработанной поверхности. Боковые поверхности, как правило, имеют более высокую шероховатость. Нецелесообразно применять абразивы с круп-



- Защита от падения
- Предохранительные тормоза
- Блокираторы штока
- Фиксаторы штока
- Гидравлические, пневматические, электрические



SITEMA

■ Unser Wissen für Ihre Sicherheit

SITEMA GmbH & Co. KG
Sicherheitstechnik und Maschinenbau
76187 Karlsruhe, Германия

Ваш русскоговорящий контакт:

Павел Бухарин
Тел: +49 721 98661-46
Майл: paul.bucharin@sitema.de
Сайт: www.sitema.com/ru

ным зерном при работе с инструментом, имеющим тонкие кромки. Например, при обработке узких щелей шириной 0,1...0,3 мм размер абразивных частиц не должен превышать 50 мкм.

В процессе работы по мере углубления инструмента в изделие скорость обработки уменьшается в связи с ухудшением условий подачи свежей суспензии в зону обработки, поэтому с целью стабилизации производительности рекомендуется на глубинах свыше 5 мм время от времени приподнимать инструмент и совершать им возвратно-поступательные движения.

Точность УОАС зависит от множества факторов. В процессе обработки между инструментом и обрабатываемой поверхностью образуется боковой зазор, величина которого зависит от: размера зерен абразива, глубины обработки, величины и характера износа инструмента, наличия поперечных колебаний инструмента и других факторов. Величина бокового зазора примерно в 1,5 раза больше среднего размера зерен абразива основной фракции. Для повышения точности обработки осуществляют коррекцию размеров инструмента. При УОАС возникают неточности геометрической формы обрабатываемых поверхностей: конусность, овальность, округления поверхности на входе инструмента в деталь и сколы на выходе его из детали. Округления исключают последующим шлифованием, а сколы — подклейкой перед обработкой дополнительной детали (например, стеклянной пластинки). Конусность сквозных отверстий уменьшают последующей калибровкой контура неизношенной частью инструмента и применением более мелкого абразива. При УОАС достижима точность размеров 0,01...0,02 мм при погрешности взаимного расположения поверхностей в пределах $\pm 0,005$ мм.

Шероховатость обработанной поверхности также определяется множеством факторов. Поскольку величина неровностей определяется размерами частиц материала, скалываемых с поверхности, шероховатость снижается с уменьшением размеров абразивных зерен и амплитуды колебаний инструмента и с увеличением твердости материала. Дополнительно она зависит от шероховатости поверхности инструмента и типа жидкости, несущей абразив. Следует отметить, что шероховатость поверхности дна глухих отверстий обычно меньше, чем на боковых стенках. Использование мелких абразивных зерен и небольшой амплитуды позволяет получить шероховатость для многих материалов в пределах $Rz = 2,5...0,32$ мкм.

При УОАС отсутствуют дефекты термического происхождения, аналогичные тем, что возникают при шлифовании. При обработке твердых сплавов и закаленных сталей происходит деформационное упрочнение поверхностного слоя и возникают сжимающие остаточные напряжения. В поверхностном слое могут возникать микротрещины, их глубина при обработке стекла и кварца примерно в четыре раза больше высоты микронеровностей поверхности.

В качестве инструмента для УОАС целесообразно использовать твердые, но вязкие материалы. Обычно для его изготовления применяют нержавеющие и низкоуглеродистые стали, реже алюминиевые и медные сплавы. Следует отметить, что последние имеют относительный износ в 5...10 раз выше, чем стали.

В табл. 1 приведены сведения по обрабатываемости УОАС различных материалов, а в табл. 2 — о достигаемой точности обработки.

Таблица 1

Обрабатываемый материал	Относительная обрабатываемость
Стекло	1
Ферриты	0,8
Минералокерамика	0,2
Керамика	0,4
Твердые сплавы	0,02...0,08
Кварц	0,5

Таблица 2

Размер зерен основной фракции, мкм	Величина разбивания, ΔD , мкм	Конусность, мм	Достижимая точность обработки
125...100	200...300	0,03...0,04	$\pm 0,04$
80...63	100...150	0,02...0,03	$\pm 0,03$
50...40	80...63	0,01...0,02	$\pm 0,02$
28...20	80...63	0,01	$\pm 0,01$
10 ... 7	80...63	0,005	$\pm 0,005$

Для приготовления суспензий обычно используют абразивные частицы размером 5...100 мкм из следующих материалов:

- Карбид бора (B_4C). Обеспечивает эффективную обработку многих материалов, но относительно дорог.
- Карбид кремния (SiC). Используют для обработки стекла, полупроводниковых кристаллов, керамик.
- Электрокорунд (Al_2O_3).
- Сверхтвердые материалы (природные и синтетические алмазы, кубический нитрид бора). Применяют для УЗРО рубина, сапфира и других материалов очень высокой твердости.
- Силикарбид бора.

В качестве жидкого компонента суспензий служат: вода, бензин, глицерин, минеральные масла. Производительность обработки снижается с увеличением вязкости жидкости. Объясняется это тем, что скорость движения частиц в рабочем зазоре уменьшается с ростом вязкости используемой жидкости. Наиболее часто используют воду. Она обладает невысокой вязкостью и хорошими охлаждающими свойствами. Весовая концентрация абразива в суспензии составляет 30–40% при свободной подаче ее в зону обработки и 20–25% — при подаче под давлением и отсосе.

Обработку ведут при частоте ультразвука 15...30 кГц и амплитудах 25...100 мкм.

Производительность обработки рассчитывают по эмпирическим формулам, например, вида:

$$Q = C A^m S^n N^p c^q f^r$$

где C — коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала и абразивной суспензии; c — концентрация абразивных частиц в суспензии; m, n, p, q, r — эмпирические коэффициенты.

Для повышения эффективности обработки и обеспечения ее высокого качества рекомендуется: при входе и на выходе рабочего инструмента из объекта снижать давление на обрабатываемый объект, выполнять сквозные отверстия в хрупких материалах прошивкой с двух сторон, периодически выводить рабочий инструмент из отверстия и наносить суспензию на объект.



Рис. 2. Инструмент для ультразвукового фрезерования



Рис. 3. Станки для ультразвуковой обработки



Рис. 5. Твердое фрезерование закаленных сталей с наложением на инструмент ультразвука на станках DMG MORI

В последние годы расширяется применение ультразвуковой обработки инструментом, покрытым слоем природных или синтетических алмазов на металлической связке. Процесс выполняется с подачей СОЖ в зону обработки. При необходимости инструменту или заготовке задают вращение или поступательное перемещение.

Обработку вращающимся инструментом (рис. 2) с его перемещением называют ультразвуковым фрезерованием (рис. 1а). Комбинированное действие вращающегося инструмента и наложенных нормальных ультразвуковых колебаний в совокупности с водяным охлаждением обеспечивает самоочистку инструмента, снижает его засаливание продуктами разрушения, значительно (до 40%) снижает силы резания. Ультразвуковые колебания снижают трение между инструментом и деталью, что увеличивает стойкость алмазного инструмента по сравнению с обычным шлифованием.

Вращение инструмента выполняется с частотами 0...20000 об/мин.

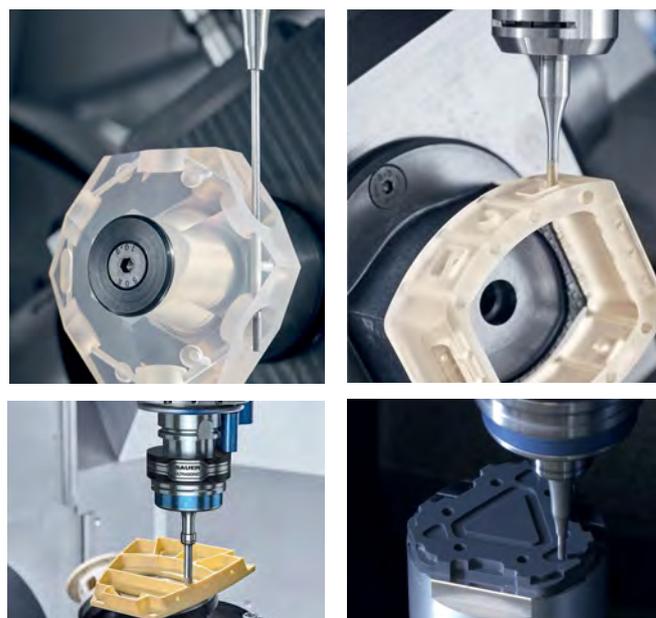


Рис. 4. Ультразвуковое фрезерование и сверление изделий из керамик и композитов на станках DMG MORI



Рис. 7. Шлифование с наложением ультразвука на абразивный круг на станках DMG MORI



Рис. 6. Высокоскоростное фрезерование с наложением на инструмент ультразвука на станках DMG MORI

Современные ультразвуковые станки для такой обработки (рис. 3) оснащают устройствами ЧПУ, что позволяет более точно контролировать и поддерживать параметры процесса обработки.

В современных станках с наложением ультразвука на инструмент обеспечивается возможность реализации комплекса технологий, таких как: ультразвуковое фрезерование и сверление (рис. 4), твердое точение и фрезерование (рис. 5), высокоскоростное фрезерование (рис. 6), шлифование кругами из традиционных и сверхтвердых абразивов (рис. 7).

Следует отметить, что использование ультразвуковой размерной обработки неуклонно увеличивается, что связано с расширяющимся применением новых композиционных материалов, керамокомпозитов, технических керамик из нитрида кремния, оксидов алюминия и циркония, нитрида алюминия и др., а также керамических покрытий.

Алексей Георгиевич Бойцов

ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА КЕРАМИКИ

ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ЯВЛЯЕТСЯ РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ И ОДНОЙ ИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.

Развитие технологии машиностроения неразрывно связано с созданием новых конструкционных материалов. В последние десятилетия в новых образцах техники все большее применение находят керамические и композиционные материалы, для обработки которых создаются новые и модернизируются существующие методы обработки и соответствующие технологии [1, 2]. Керамика — это группа неметаллических материалов различного химического состава, объединенных технологией изготовления. Доля керамики в мировом производстве материалов составляет 62% в массовом отношении и почти 50% в объемном. Эти материалы характеризуются такими свойствами, как химическая и термическая стойкость, низкая электропроводность, высокая твердость и др.

Применение керамики позволило существенно улучшить технические возможности целого ряда изделий авиационно-космической техники, поэтому технологиям обработки керамических материалов уделяется значительное внимание.

Вследствие повышенной твердости и износостойкости керамики ее эффективная механообработка, по сути дела, возможна только с использованием алмазного инструмента, что существенно повышает себестоимость изготовления изделий. Так, по данным японских исследователей, себестоимость изготовления деталей из керамики может на несколько порядков превышать стоимость обработки деталей из конструкционных сталей [3]. Поэтому для изготовления конструктивных элементов фильер, форсунок, фильтров, микрожидкостных чипов и других деталей эффективно применяют физико-химические методы обработки. Одним из них является метод электролитно-плазменной обработки, часто называемый в зарубежной технической литературе комбинированным электроэрозивно-электрохимическим методом.

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. Дурадж) [4]. 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 [5]. 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 электролитно-плазменной обработки диэлектрических материалов.

Стадии возникновения плазменного разряда на цилиндрическом электроде диаметром \varnothing 1 мм показаны на рис. 1. Электрод подключен к «минусу» источника питания постоянного тока. Фото, полученное авторами работы [6], демонстрирует различные процессы в окрестностях электрода при напряжении 0...30 В, в среде 20% раствора NaOH: от вскипания электролита вокруг электрода до образования на нем газоплазменных разрядов. В качестве анода использовался электрод с площадью 100 мм². При подаче напряжения на электроды анод начинает растворяться вследствие электролитической реакции, что можно наблюдать визуально.

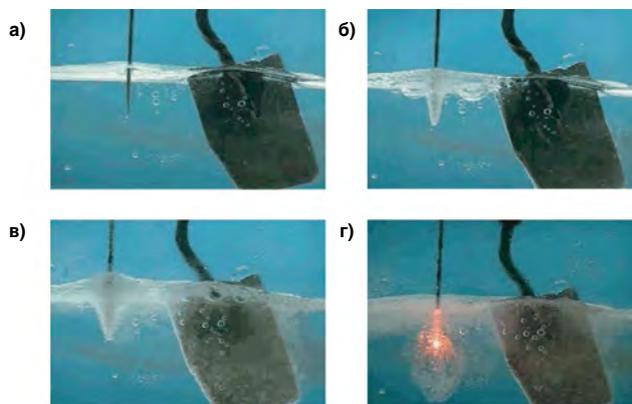


Рис. 1. Стадии возникновения плазменного разряда при напряжении а) 0 В, б) 7,5 В, в) 15 В, г) 30 В.

Чем выше электропроводность раствора электролита, тем меньшее значение напряжения необходимо для образования плазменных разрядов на инструменте.

При подаче напряжения на катоде образуются пузыри водорода, а на аноде выделяется кислород. Электроды отделяются от раствора газовой пленкой, и искровые разряды генерируются через газовые образования, формирующие сплошную пленку вокруг катода. Разрушение катода связано с электроэрозивными процессами в зоне протекания локальных разрядов.

Электрохимические реакции, протекающие на электродах:

катодные:

— осаждение металла из раствора $M^+ + e^- \rightarrow M$;

— выделение водорода $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \uparrow$ (в кислотном растворе), $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2(OH)^- + H_2 \uparrow$ (в щелочном растворе);

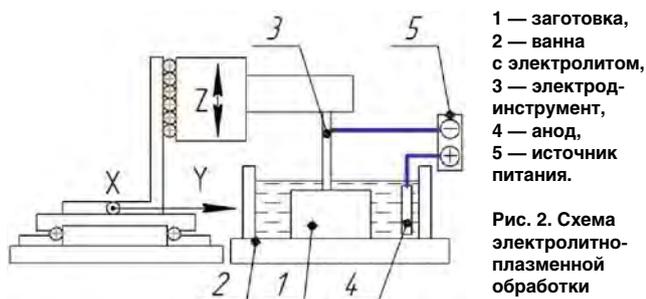
анодные:

— выделение кислорода $4(OH)^- \rightarrow 2H_2O + O_2 \uparrow + 4e^-$;

— анодное растворение материала анода $M \rightarrow M^+ + e^-$;

Авторы работы [7] предложили идеализированную модель для расчета значения силы тока I_c и напряжения V_c , при которых достигается максимальная скорость разрушения материала катода. Согласно этой модели, критическое напряжение зависит только от концентрации электролита, однако наблюдаемые экспериментально значения показывают, что критическое напряжение увеличивается с диаметром инструмента. Это расхождение, возможно, связано с упрощенным характером модели, не учитывающей вторичные эффекты.

Принципиальная схема электролитно-плазменной обработки представлена на рис. 2. Заготовка 1 вместе с электродом 4 закрепляется в ванне с электролитом 2, после чего к поверхности заготовки подводят электрод-инструмент 3 и подают напряжения на электроды от источника питания 5, что приводит к возникновению плазменных разрядов на поверхности электрода-инструмента. Термическое воздействие образующихся плазменных разрядов на материал заготовки приводит к ее разрушению вследствие плавления и испарения.



В работе [8] исследовалось влияние концентрации электролита и его температуры на напряжение и силу тока, при которых процесс стабилен, но не происходит разрушение катода. Низкое значение напряжения, подаваемое на электроды, не приводит к возникновению плазменного разряда на инструменте, а чрезмерное увеличение напряжения может привести к растрескиванию керамической заготовки. Авторы заметили, что с повышением температуры электролита увеличивается как его электропроводность, так и сила тока, что, в свою очередь, ускоряет процесс электролиза.

Влияние длительности импульса и времени паузы на процесс обработки изучено в [9]. Авторы утверждают, что зону термического воздействия можно снизить путем увеличения времени паузы и улучшением условий рециркуляции электролита в зоне обработки. Было отмечено, что увеличение напряжения может привести к превращению плазменных разрядов, действующих на заготовку в течение длительности импульса, в плазменную дугу, разрушающую стенки отверстия и увеличивающую зону термического воздействия.

Авторы работы [10] исследовали влияние параметров электролитно-плазменной обработки на точность и произ-

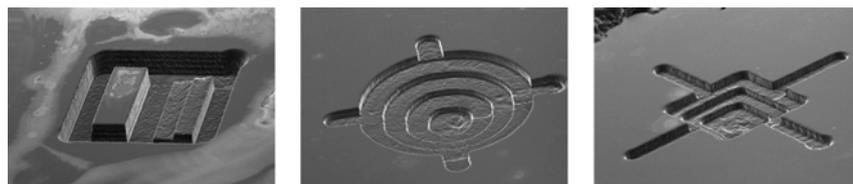


Рис. 3. Объемная микроструктура, полученная электролитно-плазменной обработкой

водительность и определили оптимальные значения длительности импульса и времени паузы для изделий из боросиликатного стекла. Экспериментально подтверждено, что использование постоянного тока приводит к нарушению формы обрабатываемых пазов шириной 200 мкм и глубиной 50 мкм как в продольном, так и поперечном сечении. Угол наклона стенок паза, измеряемый как угол отклонения поверхности стенки от вертикального положения, составил при этом режиме обработки 45°.

Использование пауз между отдельными импульсами позволяет улучшить качество обработки. Оптимальными значениями длительности импульса и паузы авторы называют 2 мс. Использование этих значений позволяет снизить угол наклона стенок паза до 25°. По мнению авторов, дальнейшее увеличение времени паузы приводит к снижению скорости обработки, а уменьшение — к снижению геометрической и размерной точности обрабатываемого паза.

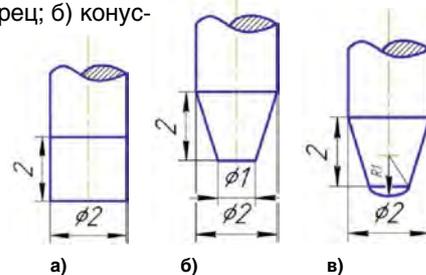
Использование вращающегося электрода приводит к уменьшению угла наклона стенок паза. Найдена оптимальная частота вращения, равная 1500 об/мин, что позволяет снизить угол наклона стенок до 10°. Дальнейшее увеличение скорости вращения инструмента приводит к снижению шероховатости обработанной поверхности, уменьшению глубины канавки и увеличению ее ширины. При помощи электролитно-плазменного фрезерования была получена объемная микроструктура на поверхности боросиликатного стекла, представленная на рис. 3.

Оптимальное значение скорости подачи электрода-инструмента для проведения электролитно-плазменного фрезерования составляет 1 мм/мин. Увеличение подачи приводит к снижению качества обработанной поверхности.

ЭЛЕКТРОД-ИНСТРУМЕНТ

Электрод-инструмент для проведения электролитно-плазменной обработки должен состоять из электропроводного материала. Такие свойства, как жесткость, твердость и износостойкость, не являются ключевыми при выборе инструмента, в отличие от ультразвуковой обработки. Дело в том, что разрушение заготовки происходит благодаря термическому и химическому воздействию, а не механическому. Поэтому при электролитно-плазменной обработке применяются латунированные, графитовые или медные электроды.

Авторы работы [11] установили, что геометрическая форма электрода-инструмента оказывает значительное влияние на скорость разрушения стекла и величину бокового зазора, вычисляемого как половина разницы между диаметром отверстия и диаметром инструмента в процессе ЭЭХО. Формы наконечника инструмента, рассматриваемые в эксперименте, представлены на рис. 4, где:



а) цилиндрический наконечник и плоский торец; б) конус; в) конус с закругленным концом.
Рис. 4. Инструменты различной геометрической формы

ный наконечник и плоский торец; в) конусный наконечник и сферический торец.

Исследования проводились при 20% концентрации NaOH в растворе электролита и напряжении 80 В. Скорость удаления материала для инструментов **а), б) и в)** составила 0,056, 0,154 и 0,248 мг/мин соответственно. Эти результаты показывают, что максимальная скорость обработки достигается при использовании инструмента с коническим наконечником и сферическим торцом. При использовании цилиндрического наконечника процесс рециркуляции электролита затруднен из-за тесного контакта между внутренней поверхностью отверстия и внешней поверхности инструмента, а также адгезии электролита с этими поверхностями. Коническая форма наконечника в сочетании с плоским торцом увеличивает количество электролита в зоне обработки, что приводит к увеличению скорости обработки. Однако наибольшими показателями в скорости удаления материала (0,248 мг/мин) обладает инструмент с коническим наконечником и сферическим торцом благодаря максимальному количеству электролита в зоне обработки.

Значение бокового зазора для инструментов **а), б) и в)** составило 0,556, 0,327 и 0,415 мкм соответственно. Для инструмента **а)** значение бокового зазора самое большое из-за неконтролируемого процесса разрушения материала заготовки плазменными разрядами. Для инструмента **б)** боковой зазор гораздо меньше. Это объясняется тем, что конический наконечник улучшает рециркуляцию электролита в зоне обработки, благодаря чему разряд концентрируется на торце инструмента.

Авторы работы [12] использовали инструмент со сферическим наконечником, показанный на **рис. 5**. Инструмент изготовили при помощи электроэрозионной обработки. Металлический стержень с цилиндрическим наконечником диаметром $\varnothing 150$ мкм 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.

Сравнивался 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.

Зависимость времени обработки от глубины отверстия представлена на **рис. 6**.

Авторы объясняют этот эффект уменьшением площади контакта между инструментом и поверхностью отверстия благодаря сферической форме наконечника инструмента, что позволяет беспрепятственно проникать

электролиту в зону обработки, после чего на инструменте образуется стабильная газовая пленка. При цилиндрической форме инструмента увеличивается время проникновения электролита в зону обработки, что увеличивает время формирования газовой пленки. Результаты эксперимента согласуются с результатами, полученными авторами работы [13].

Сферический электрод-инструмент достигает большей глубины обработки 335 мкм и меньшего диаметра отверстия 223 мкм по сравнению с 226 и 310 мкм соответственно, полученными цилиндрическим электродом-инструментом.

Использование электрода цилиндрической формы приводит к увеличению диаметра получаемого отверстия из-за химического травления стенок отверстия и воздействия электрических разрядов в процессе обработки. При использовании электрода сферической формы такого эффекта не наблюдается. Диаметр получаемых отверстий изменяется незначительно при различной глубине обработки.

Что касается качества внутренней поверхности отверстия, то обработка отверстия при использовании постепенной подачи инструмента не приводит к растрескиванию или повреждению на выходе из отверстия, в отличие от обработки цилиндрическим инструментом. Прошивка сквозного отверстия в кварце цилиндрическим электродом-инструментом не только дает больший диаметр отверстия, но и вызывает трещины на выходе из отверстия в момент, когда основной материал не выдерживает давления.

Хорошая циркуляция электролита предотвращает накопление пузырьков. В результате форма отверстия в продольном сечении не искажается. Следовательно, сферическая форма электрода инструмента имеет преимущество в достигаемой точности и производительности обработки перед инструментом цилиндрической формы. Сравнение машинного времени при прошивке отверстия глубиной 500 мкм обычным цилиндрическим электродом и сферическим электродом показывает, что время обработки во втором случае уменьшилось на 83%, а диаметр отверстия снизился на 65%.

РАБОЧАЯ ЖИДКОСТЬ

Авторы работы [14] определили зависимость напряжения пробоя от расстояния между инструментом и заготовкой при обработке боросиликатного стекла в среде 30% раствора NaOH. В результате эксперимента было установлено, что при напряжении ниже 25 В происходят химические реакции на электродах, однако обработка стекла не наблюдается. При увеличении напряжения до 30 В значение силы тока достигает 0,3 А. По мере увеличения напряжения до значений 35–40 В сила тока

увеличивается до 1 А, а глубина удаляемого слоя составляет 23 мкм и 25 мкм соответственно. Авторы отметили, что с увеличением напряжения разброс значений глубины обрабатываемого слоя уменьшается с 4 мкм для 25 В до 2 мкм для 30 В.

Экспериментальным путем было установлено, что для материала заго-

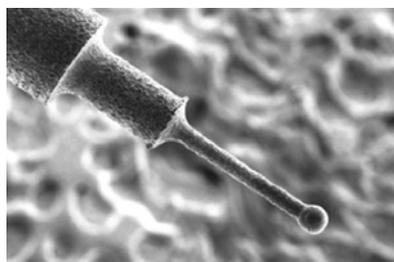


Рис. 5. Электрод с наконечником сферической формы

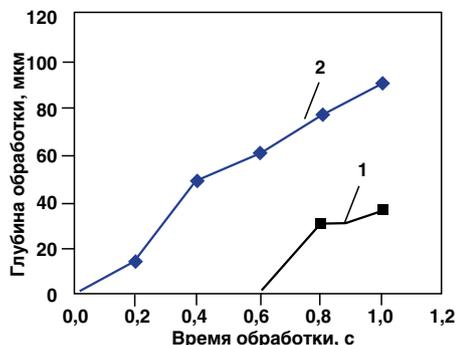


Рис. 6. Зависимость глубины обработки от времени для электродов цилиндрической формы (1) и со сферическим наконечником (2)

товки с содержанием 9% натрия оптимальное напряжение обработки, при котором не проявляются трещины, составляет 35–40 В, а максимальный зазор между инструментом и заготовкой составляет 15 мкм. Для боросиликатного стекла с содержанием 4% натрия и 5% бора оптимальное напряжение обработки составляет 30 В.

Экспериментально установлено, что присутствие ионов Ca^+ , Mg^+ и Na^+ в составе материала заготовки увеличивает скорость щелочного растворения за счет их высокой активности.

В работе [13] первоначально в качестве электролита использовался водный раствор NaNO_3 , но из-за электрохимической реакции происходило электролитическое растворение меди, в результате чего образовалось большое количество шлама, который загрязнял раствор электролита и скорость разрушения материала снижалась. Было также отмечено, что при использовании водного раствора NaCl в качестве электролита скорость разрушения материала была также невысокой, в отличие от раствора электролита NaOH , который позволял достигать высоких скоростей обработки и не оказывал разрушающего воздействия на электрод-инструмент.

Авторы работы [15] для повышения производительности обработки решили использовать смесь электролитов. Установлено, что KOH по сравнению с NaOH имеет более высокую химическую активность, что приводит к увеличению скорости разрушения материала заготовки при меньшей концентрации. Однако качество обработанной поверхности снижается из-за неконтролируемого травления. Из экспериментальных результатов установлено, что максимальная скорость разрушения материала была получена при использовании 10% раствора NaOH + KOH , напряжении 35 В и отношении длительности импульса к времени паузы 70%. Скорость разрушения материала при выбранном режиме обработки составила 0,361 мг/мин.

В работе [16] авторы для снижения напряжения пробоя добавляли мелкодисперсный порошок графита в электролит. Эксперимент проводился с использованием цилиндрического электрода из карбида вольфрама (WC) диаметром 0,2 мм, 30% NaOH в качестве электролита и напряжении 35 В постоянного тока. При обычном процессе электроэрозионной электрохимической обработки локально концентрированная энергия разряда вызывает неравномерность обработанной поверхности из-

за возникновения микротрещин, локального разрушения заготовки. При использовании электропроводных частиц в среде электролита на обработанной поверхности заготовки наблюдалось заметное уменьшение микротрещин. На фотографиях представленных на **рис. 7** можно заметить, что концентрация порошка в электролите заметно влияет на качество обрабатываемой внутренней поверхности прошиваемого отверстия. Обработка боросиликатного стекла толщиной 1 мм велась при напряжении 35 В в среде 30% NaOH , электродом диаметром 200 мкм. Шероховатость поверхности составила на фото а) $R_a = 4,86$ мкм без добавления графитового порошка в электролит, б) $R_a = 1,63$ мкм при концентрации порошка в растворе 0,5%, в) $R_a = 1,44$ мкм при концентрации порошка в 1,0%, г) $R_a = 5,26$ мкм при концентрации порошка 2%.

МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОБРАБОТКИ

Для увеличения производительности путем очистки межэлектродного промежутка от продуктов обработки используют вибрации, наложенные как на заготовку или инструмент, так и на электролит.

В [17] колебания ультразвукового диапазона частот передавались электролиту при помощи пластины диаметром 4 мм, подключенной к источнику УЗ колебаний и расположенной на дне ванны с электролитом. Ультразвуковые колебания распространялись перпендикулярно поверхности заготовки. Это позволило увеличить глубину обработки, обеспечив достаточный поток электролита в зоне обработки для возникновения плазменного разряда и удаления обработанного материала из рабочей зоны. Газовый слой вытянулся вдоль электрода-инструмента под воздействием ультразвуковой волны, обеспечив тем самым однородность геометрической формы как в продольном, так и поперечном сечении. Использование УЗ колебаний, воздействующих на электролит, позволило уменьшить диаметр глухого отверстия с 426 мкм до 328 мкм и увеличить глубину обработки с 320 мкм до 550 мкм. Диаметр используемого электрода составлял 200 мкм.

В работе [18] для интенсификации процесса прошивки отверстий использовался полый цилиндрический электрод, через полость которого прокачивался электролит. Применение прокачки электролита под давлением при электролитно-плазменной прошивке отверстий позволило увеличить скорость разрушения материала и достигаемую глубину отверстий. Увеличение глубины прошивки электродами диаметром 1,7 мм составило 70%, а для электродов диаметром 1,4 и 1 мм — 60 и 55% соответственно. Однако метод имеет и недостатки. Было замечено, что прокачка электролита под давлением в 30 кПа приводит к увеличению диаметра отверстия на 45,7%, 5,97%, и 3,49%, для электродов диаметром 1,7, 1,4 и 1 мм соответственно. Также с повышением давления увеличивается и конусность отверстий.

Авторы работы [19] доказали, что использование абразивного инструмента с вращательным движением является лучшей конструкцией электрода для сверления отверстий в керамике, поскольку обеспечивает дополнительный электрический разряд и механическое воздействие для повышения скорости обработки. Эти методы сделали процесс удаления материала стабильным и, следовательно, привели к общему улучшению качества получаемых отверстий.

Из-за выступающей формы абразивных зерен подерживается постоянный зазор в несколько мкм между

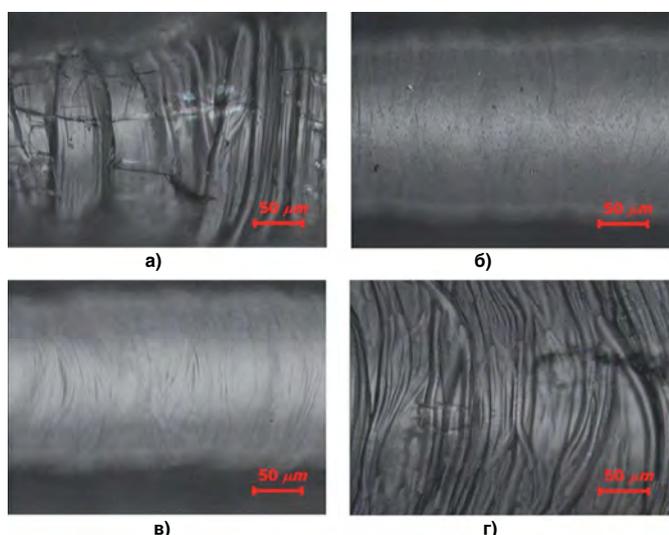


Рис. 7. Внутренняя поверхность отверстия, полученная при различной концентрации графитового порошка в электролите

инструментом и заготовкой во время обработки. Из-за этого происходит генерация дополнительных электрических разрядов под нижним торцом инструмента, что позволяет удалить дополнительный материал с рабочей поверхности.

Выводы

Таким образом, метод электролитно-плазменной обработки находит применение для обработки не только высокопрочных металлов, но и для хрупких диэлектрических материалов, таких как керамика.

Его использование позволяет создавать на поверхности керамических заготовок сложную микроструктуру с обеспечением высокой точности при соблюдении оптимальных параметров напряжения, вращении электрода со скоростью 1500 об/мин и скоростью подачи инструмента 1 мм/мин.

Электролитом, обеспечивающим максимальную скорость удаления материала и минимальную зону термического влияния при минимальном напряжении пробоя, является 30% раствор NaOH.

Прошивка отверстий при использовании инструмента со сферической формой наконечника, обеспечивающего максимальную циркуляцию электролита в зоне обработки, позволяет достигать скорости разрушения материала до 0,25 мг/мин.

Добавление графитового порошка в электролит при его концентрации 1% позволяет снизить шероховатость до 1,44 мкм по Ra при исходной шероховатости 4,86 мкм по Ra.

Разработаны методы интенсификации обработки, такие как использование активных электролитов и повышение их концентрации, прокачка электролита через полость в электроде-инструменте, использование абразивных инструментов, ультразвуковых колебаний и др.

**Дмитрий Овчинников,
Московский политехнический университет**

Литература

- Исаченко В. А., Астахов Ю. П., Саушкин Б. П. Технологии ракетно-космического машиностроения — проблемы и перспективы / Технология машиностроения. 2016. № 1. С. 10–14.
- Научно-технические технологии машиностроительного производства. Физико-химические методы и технологии / Под ред. Б. П. Саушкина. — М.: Форум, 2013. — 926 с.
- Алмазное шлифование карбидкремниевой керамики для машиностроения: монография / О. В. Душко, В. М. Шумячер. Волгоград. гос. архит.-строит. ун-т. — Волгоград: Волг-ГАСУ, 2009. — 80 с.
- 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.
- Lin Tang. Возможности повышения скорости ЭЭХО боросиликатного стекла. Discussing the Measure of Improving Pyrex Glass ECDM Removal Rate / Lin Tang, Ganggang Zhao // Advanced Materials Research. 2012. № 411 (2012). С. 319–322.
- Lijo Paul. Влияние технологических параметров на зону термического воздействия при микрообработке боросиликатного стекла методом микро ЭЭХО. Effect of process parameters on heat affected zone in micro machining of borosilicate glass using μ -ECDM process / Lijo Paul, Somashekhar S Hiremath // Applied Mechanics and Materials. 2014. № 490–491. С. 224–228.
- Lijo Paul. Улучшение скорости обработки со смешанным электролитом в ЭЭХО. Процесс Improvement in Machining Rate with Mixed Electrolyte in ECDM Process / Lijo Paul, Somashekhar S Hiremath // Procedia Technology. 2016. № 25. С. 1250–1256.
- Min-Seop Han. Улучшение целостности поверхности при электроэрозионной электрохимической обработке путем использования смеси электролита с порошком. Improvement of surface integrity of electro-chemical discharge machining process using powder-mixed electrolyte / Min-Seop Han, Byung-Kwon Min, Sang Jo Lee // Journal of Materials Processing Technology. 2007. № 191. С. 224–227.
- Lijo Paul. Влияние технологических параметров на зону термического воздействия при микрообработке боросиликатного стекла методом микро ЭЭХО. Effect of process parameters on heat affected zone in micro machining of borosilicate glass using μ -ECDM process / Lijo Paul, Somashekhar S Hiremath // Applied Mechanics and Materials. 2014. № 490–491. С. 224–228.
- Lijo Paul. Улучшение скорости обработки со смешанным электролитом в ЭЭХО. Процесс Improvement in Machining Rate with Mixed Electrolyte in ECDM Process / Lijo Paul, Somashekhar S Hiremath // Procedia Technology. 2016. № 25. С. 1250–1256.
- 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.
- Bhattacharyya B., Экспериментальные исследования электроэрозионной электрохимической обработки (ЭЭХО) диэлектрических керамических материалов. Experimental investigations into electrochemical discharge machining (ECDM) of non-conductive ceramic materials / B. Bhattacharyya, B. N. Doloi, S. K. Sorkhel // Journal of Materials Processing Technology. — 1999. № 95. С. 145–154.
- Fascio V. Искровое химическое гравирование в электрохимии. Spark assisted chemical engraving in the light of electrochemistry / V. Fascio, R. Wüthrich, H. Bleuler // Electrochimica Acta. 2004. № 49. С. 3997–4003.
- Lijo Paul. Улучшение скорости обработки со смешанным электролитом в ЭЭХО. Процесс Improvement in Machining Rate with Mixed Electrolyte in ECDM Process / Lijo Paul, Somashekhar S Hiremath // Procedia Technology. 2016. № 25. С. 1250–1256.
- Min-Seop Han. Улучшение целостности поверхности при электроэрозионной электрохимической обработке путем использования смеси электролита с порошком. Improvement of surface integrity of electro-chemical discharge machining process using powder-mixed electrolyte / Min-Seop Han, Byung-Kwon Min, Sang Jo Lee // Journal of Materials Processing Technology. 2007. № 191. С. 224–227.
- Min-Seop Han. Улучшение геометрии микрообработки электрохимическим разрядом с использованием электролита и ультразвуковых колебаний. Geometric improvement of electrochemical discharge micro-drilling using an ultrasonic-vibrated electrolyte / Min-Seop Han, Byung-Kwon Min, Sang Jo Lee // J. Micromech. Microeng. 2009. № 19. С. 1–8.
- Mehrabi F. Применение впрыска электролита при электрохимической электроэрозионной обработке (ЭЭХО) оптического стекла. Application of electrolyte injection to the electrochemical discharge machining (ECDM) on the optical glass / F. Mehrabi, M. Farahnaki-an, S. Elhami, M. R. Razfar // Journal of Materials Processing Tech. 2018. № 255. С. 665–672.
- Sanjay K. Электроэрозионное электрохимическое сверление Al_2O_3 при помощи импульсного источника постоянного тока и вращающегося абразивного электрода. The drilling of Al_2O_3 using a pulsed DC supply with a rotary abrasive electrode by the electrochemical discharge process / Sanjay K., Chak P., Venkateswara Rao // Int J Adv Manuf Technol. 2008. № 39. С. 633–641.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫЕ СТАНКИ

Одним из приоритетных направлений деятельности ПАО «Куvandыкского завода КПО «Долина» является освоение и выпуск новых видов продукции по программе импортозамещения. Реализовать новые проекты возможно благодаря собственному инженерно-техническому центру, мощной производственной базе, полному циклу производства, постоянному повышению профессионального уровня сотрудников. Одно из приоритетных направлений — проектирование и производство ленточнопильных станков, в том числе уникальных — для резки заготовок до 2000 мм, весом 70 т и максимальной длиной заготовки 8000 мм. В разработке ленточнопильный станок для резки заготовок диаметром до 2500 мм. И это не предел. Станки могут резать заготовки и маленького сечения, в том числе при помощи механизма пакетной резки. Возможен выпуск станка под индивидуальные требования заказчика, по техническому заданию.

При необходимости в резке большого количества однотипных заготовок используются автоматические ленточнопильные станки по металлу. Автоматические станки по заданной программе могут работать без присутствия оператора, выполняя однотипные операции (резка длинных заготовок на детали заданной длины) заданное количество раз, что позволяет одному оператору обслуживать сразу несколько станков.

Еще одно преимущество наших станков — по желанию заказчика комплектация поворотным столом. Это дает возможность резки металла под различными углами. Большинство производителей предлагает фик-

сированные углы реза, а на ленточнопильных станках производства ПАО «Куvandыкский завод КПО «Долина» возможно производить резку металла под любыми углами в диапазоне 0 ± 45 или 0 ± 60 градусов.

На станках устанавливается система СОЖ, которая повышает качество и скорость реза проката. Система удаления стружки с полотна увеличивает производительность и ресурс.



Крупные российские и иностранные потребители по достоинству оценили качество, многофункциональность, высокую производительность и уникальность наших ленточнопильных станков.

DOLINA ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТАНКИ ПО МЕТАЛЛУ
ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО




**СОВРЕМЕННОЕ
 ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ
 ОБОРУДОВАНИЕ**

ПАО «Куvandыкский завод кузнечно-прессового оборудования «Долина»
 РФ, Оренбургская область, г. Куvandык, ул. Школьная, 5; Тел.: 8-800-333-81-63
 E-mail: oaodolina@mail.ru, [http:// www.ao-dolina.com](http://www.ao-dolina.com)

РЫНОК ЛАЗЕРОВ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

В России и странах СНГ производятся почти все виды лазерно-оптической техники, имеющейся сегодня на мировом рынке. По данным Лазерной ассоциации (ЛАС), 50 отечественных фирм-производителей предлагают 1,4 тыс. моделей источников лазерного излучения, 45 производителей — более 300 моделей лазерных технологических установок, 54 производителя — 310 моделей лазерных медицинских аппаратов и инструментария, 28 производителей — более 1,1 тыс. моделей устройств для оптической связи, 58 производителей — около 270 моделей лазерной аппаратуры для технических измерений и диагностики, 53 производителя выпускают разнообразные оптические материалы, элементы и узлы [1].

Объем продаж лазерно-оптической техники российскими производителями за период с 2014 по 2017 гг. рос на 3–4% в год и в 2017 г. достиг уровня в 65–67 [1], 74 млрд руб. [2]. Много это или мало? Смотря с чем сравнивать. Если с отечественным станкостроением — то лазерная отрасль производит почти в 2 раза больше (в стоимостном выражении). Если с другими странами, то доля России — менее 0,3% от мирового объема продаж фотоники (у Китая — в 90 раз больше) [1, 2].

На высоком уровне находится лазерно-оптическая отрасль в Белоруссии. Армения, Казахстан, Киргизия, Узбекистан сегодня являются в большей степени пользователями лазерных технологий, чем их разработчиками [1].

Но в целом спрос на технологии и оборудование фотоники в реальном секторе отечественной экономики остается невысоким, что обусловлено как общим состоянием экономики, так и отсутствием технических стандартов, необходимых для использования инновационных лазерно-оптических технологий в промышленности, медицине, сельском хозяйстве. Остро не хватает кадров, грамотных пользователей, знающих реальные возможности этих технологий и умеющих их применять на практике [1].

В России сегодня действует «дорожная карта» развития фотоники, имеется организованная Лазерной ассоциацией технологическая платформа «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии — Фотоника». Лазерная ассоциация выступила соучредителем евразийской техплатформы «Фотоника». Она уже создана и сейчас готовит проекты для поддержки в рамках Евразийского экономического союза [1].

Фотонику в России сегодня развивают, например, в Ростехе, в Росатоме и в Роскосмосе. Готовятся к запуску комплексная научно-техническая программа (КНТП) «Фотоника», разрабатываемая в Минобрнауки, и комплексный план научных исследований (КПНИ) «Фотоника» — в ФАНО и РАН. Но реальная координация усилий по развитию фотоники на межведомственном уровне практически отсутствует [1].

ОСНОВНЫЕ ПОСТАВЩИКИ И ПРОИЗВОДИТЕЛИ

В **таблицах 1 и 2** приведена статистика продажи лазеров и лазерных систем в России. Данные получены от производителей в результате опросов по телефону и по электронной почте, с фирменных сайтов в интернете, а также в результате экспертных оценок, когда данные производителями не были предоставлены. Российские,

да и зарубежные производители сегодня, как правило, стараются не афишировать и не озвучивать собственные объемы производства. Поэтому приведенные данные весьма приблизительны — результат маркетинговой работы авторов, М. Степановой и редакции. Показатель продаж «в год» приводится средний за последние годы, и он очень разнится из-за действия санкций (иногда до 2–3 раз).

В дополнение к **таблице 1**, по данным Лазерной ассоциации (ЛАС, 2019), в России и СНГ лазеры выпускают и предлагают [3]: «АЗИМУТ ФОТОНИКС», г. Москва (ДЛ, ККЛ, ТТЛ (Nd:YAG), УФЛ, ФВЛ); ООО «АИБИ», С.-Петербург (ППЛ); ВНИИТФ — Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. академика Е.И. Забабахина, г. Снежинск Челябинской обл. (ТТЛ, ППЛ); «ВОЛО» — ООО «Научно-производственное предприятие волоконно-оптического и лазерного оборудования», С.-Петербург (ППЛ); «ВОСХОД»-КРЛЗ — ОАО «Восход» — Калужский радиоламповый завод», г. Калуга (ППЛ); ООО «ВЭЛИТ», Московская обл., г. Истра (Лпм); ОАО «ГОИ им. С.И. Вавилова», С.-Петербург (ТТЛ); ООО «Научно-производственная фирма «Дилаз», Ленинский район Московской области, п. Мосрентген (ППЛ); «Евролэйз Photonics», г. Москва (ВЛ, ГЛ, ДЛ, ТТЛ, СО₂Л, ФВЛ); ИАиЭ СО РАН — Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск (ТТЛ); ИЛФ СО РАН — Институт лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск (ТТЛ); ООО «Научно-производственное предприятие «Инжект», г. Саратов (ТТЛ, ППЛ); ИОА СО РАН — Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск (Лпм; КрЛ; ЛСи); АО НПП «Исток» им. Шокина, г. Фрязино Московской обл. (ГЛ, ЛПм; СО₂Л); ИСЭ СО РАН — Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск (ЛК); ИФ НАНБ — Государственное научное учреждение «Институт физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Белоруссии», Белоруссия, г. Минск (ТТЛ); ЗАО «Кантегир», г. Саратов (ППЛ); ООО «Квантовая оптика», С.-Петербург (ТТЛ); ЛАГРА-Сервис, Москва (ЛГ, ЛМ — ULS, США); ЗАО «Лазервариоракурс», г. Рязань (ГЛ), Фирма «Лазеры и оптические системы», С.-Петербург (ТТЛ); ЗАО «Лазерный Технологический Центр», г. Шатура Московской обл. (ГЛ); НПП «Лазерные системы», СПб (ВЛ, ГЛ, ППЛ, ХЛ); Ламет, г. Москва (ППЛ); «Ленинградские лазерные системы», г. С.-Петербург (ОК, УФЛ, ВЛ, ЛМ); ЛИДАРТЕХ — ООО «Лидарные технологии», г. Нижний Новгород (ТТЛ); ЛОМО, С.-Петербург (ТТЛ); «ЛОТИС», г. Москва (УФЛ); МЛЦ МГУ — Международный учебно-научный лазерный центр Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва (ТТЛ); ООО «МИКРОСЕНСОР ТЕХНОЛОДЖИ», г. С.-Петербург (ППЛ); НИИЭФА — ФГУП «Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова», С. Петербург, п/о Металлострой (ГЛ, ТТЛ); ЗАО «Нолатех», г. Москва (ППЛ); ООО «НЦВО-Фотоника», г. Москва (ТТЛ); ООО «Оптосистемы», г. Троицк Московской обл., ЦФП ИОФАН (ЛСи; Л; ДЛ; ГЛ; ФВЛ; СО₂Л; ТТЛ; ЭЛ); «Оптоэлектронные технологии», С.-Петербург (ППЛ); ОАО «Пеленг», Белоруссия, г. Минск (ТТЛ); ЗАО «Полупроводниковые

Таблица 1. Ориентировочная статистика продажи производителями и поставщиками в России лазеров для обработки материалов и других применений

№	Название фирмы / производителя	Кол-во проданных лазеров / лазерных систем, шт.		Назначение поставляемых лазеров и ЛТК
		всего	в среднем в год	
Российские производители лазеров				
1.	Авеста-Проект, г. Москва – г. Троицк	≥ 220	до 20	ВЛ, ДЛ, ТТЛ, ФВЛ
2.	«Инверсия-Файбер», г. Новосибирск	≥ 60	5–8	ВЛ (в т.ч. зеленые), ГЛ, УФЛ
3.	НТО «ИРЭ-Полюс», г. Фрязино Московской обл.	~200 000 (ВЛ), с учетом экспорта	~30 000 (ВЛ), с учетом экспорта	ВЛ (до 100 кВт), ДЛ, ФВЛ
4.	НПФ «Лазер-компакт» (ООО «Лазер-экспорт»), Москва	~ 48000 (всего ТТЛ, с учетом экспорта), из них ~2800 импульсных ТТЛ	~ 370 (ТТЛ, с учетом экспорта)	ТТЛ, УФЛ
5.	«ЛОТИС» ТИИ, Белоруссия — Япония, г. Минск	≥ 230	~ 20	ДЛ, ТТЛ
6.	НИ ТГУ (г. Томск)	~ сотни	до 20–30	Лазеры на парах меди, стронция и кальция, ЛР стекла
7.	АО «Плазма» (г. Рязань)	~ тысячи	800	АдУ, ГЛ (He-Ne; He-Cd, N ₂), ППЛ, волноводные СО ₂
8.	«ФТИ-Оптроник», С-Петербург	лаз. модули ≥ 100000, ДЛ, ТТЛ ≥ 900	лаз. модули ~10000; ДЛ, ТТЛ до 50	ДЛ, ОК, ППЛ, ТТЛ, УФЛ
Зарубежные поставщики / производители лазеров				
9.	COHERENT (США), в т.ч. ROFIN (Германия)	> 200 СО ₂ Л ≥ 45 ВЛ, > 150 Л	10-30	ВЛ (до 10 кВт), ДЛ, СО ₂ Л, ФВЛ, Лспдви
10.	Datalogic Automation SLR (Datalogic, Италия)	≥ 600		ВЛ, ТТЛ, ЛГ, ЛМ, ЛСк
11.	Laserline, Германия	≥ 30 ДЛ	до 3–5 ДЛ	ДЛ (до 20-30-60 кВт) Для ЛН, ЛТупр, ЛС
12.	Telesis Tehnologies Inc., США (г. Москва и Екатеринбург)	≥ 1100		ТТЛ, ЛГ, ЛМ, УФЛМ
13.	TRUMPF (Германия), кроме ЛС	33	до 5	ВЛ, ДискЛ, СО ₂ -лазеры

ПРИМЕЧАНИЕ: ВЛ — волоконные лазеры, ГЛ — газовые лазеры, ДискЛ — дисковые лазеры, ДЛ — диодные лазеры, ККЛ — квантовые каскадные лазеры, КрЛ — лазеры на красителях, Л — лазеры, Лспдви — лазеры с перестраиваемой длиной волны излучения, ЛТ — лазеры технологические, Лпм — лазеры на парах меди, ЛСк — лазерные сканеры, ОК — оптические комплектующие, ППЛ — полупроводниковые лазеры, СО₂Л — СО₂-лазеры, ТТЛ — твердотельные лазеры, УФЛ — ультрафиолетовые лазеры, ФВЛ — фемтосекундные волоконные лазеры, ХЛ — химические лазеры, ЭЛ — эксимерные лазеры.

приборы», С.-Петербург (ТТЛ, ППЛ); **ОАО «Научно-исследовательский институт «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха**», г. Москва (ТТЛ, ППЛ); **ЗАО «СОЛАР — Лазерные системы**», Белоруссия, г. Минск (ДЛ, ТТЛ, УФЛ, ФВЛ); **«Специальные системы**», г. Москва — СПб (ТТЛ, ВЛ, ДЛ, УФЛ); **«Спецоптопродукция**», Москва — Дания (ТТЛ); **РЛС — ЗАО «Российские лазерные системы**», С.-Петербург (щелевые СО₂ Л; ЛР); **ООО «Специальные технологии**», г. Новосибирск (ГЛ; СО₂ Л; ЛСи); **ООО «СО Линструментс**», Белоруссия, г. Минск (ТТЛ, УФЛ); **Техноскан-лаб**, г. Новосибирск (ТТЛ, ВЛ); **«ТехноСкан**», **«Лазерные системы**», г. Новосибирск (ВЛ, ГЛ, ДЛ, КрЛ, Лспдв, ТТЛ, ФВЛ); **ООО «Эльфолум**», С.-Петербург; **ACI Laser GmbH**, Германия (ЛГ, ЛМ); **Ekspla**, Литва (ДЛ, ТТЛ, ФВЛ); **Stormoff**, Красногорск Московской обл. (ФВЛ, ЭЛ для медицины) и др.

Из весьма значимой продукции предлагаются лазеры большой мощности. Ведущие мировые производители, представленные в России, производят: НТО «ИРЭ-Полюс» (Россия) — мощные волоконные лазеры до 30–100 кВт [4], немецкие производители фирмы TRUMPF — дисковые лазеры ≥ 30 кВт [5], американская COHERENT, производитель эксимерных, диодных лазеров — до ~6 кВт (поглотившая недавно фирму ROFIN SINAR — производителя волоконных лазеров до 10 кВт)

[6]. Немецкая LASERLINE производит диодные лазеры до 30, (разрабатывает до 60 кВт [7]. Обзор мирового рынка за последнее десятилетие — см. в [8].

Из российских производителей лазеров хотелось бы отметить следующие компании.

ОАО «Плазма» предлагает большой выбор гелий-неоновых лазеров — производятся одномодовые, одночастотные, многомодовые и стабилизированные по частоте излучения модели. Спектр излучения выпускаемых лазеров расположен в видимой и инфракрасной областях. Производится также широкий спектр HeCd-лазеров, газоразрядных молекулярных лазеров на двуокиси углерода, газоразрядных молекулярных лазеров с азотным наполнением.

«Авеста-Проект» уже более 25 лет производит и поставляет фемтосекундное лазерное оборудование на российский и международный рынок. Клиентская база насчитывает более 2500 клиентов по всему миру. Штат компании — около 50 сотрудников.

Группа компаний **«ЛАЗЕР-КОМПАКТ»** (включая **ООО «Лазер-экспорт»**) много лет специализируется на разработке, производстве и продаже твердотельных лазеров с диодной накачкой: с 1992 года более 48 тысяч DPSS-лазеров поставлено в 42 страны мира, основная доля — в США, Германию, Францию и Японию. Выпуска-

Таблица 2. Ориентировочная статистика продажи производителями и поставщиками в России лазерных систем (и лазеров, комплектующих) для макро- и микрообработки и для других применений

№	Название фирмы / производителя	Кол-во проданных лазеров / систем, шт.		Назначение поставляемых лазеров и ЛТК
		всего	в среднем в год	
Российские производители лазеров				
1.	НПЦ «АЛЬФА»	~ 600	~30	АдУ, ЛГ, ЛМ, ЛСи, ЛТК
2.	ОКБ «Булат», г. Москва — г. Зеленоград	≥ 1500 ЛТК	50–55 ЛТК	Микрообработка: АдУ, ЛГ, ЛМ, ЛН, ЛП, ЛОч, ЛР, Лрем, ЛС, ЛСв, ЛТупр
3.	ВНИТЭП, г. Москва, г. Дубна	~ 165–180 ЛТК	~ 20–25 ЛТК	ЛР
4.	ИЛИСТ / СПбГМТУ, СПб	≥20 ЛТК	до 6 ЛТК	Макрообработка: АдТ, АдУ, ЛН, ЛР, ЛС, ЛТупр
5.	НТО «ИРЭ-Полюс», г. Фрязино МО	~40 (ЛТК)	~10 (ЛТК)	ЛР, ЛС, ЛМ, ЛН, ЛОч, ЛТупр.
6.	«Лазерный Центр» (СПб) / Trotec	≥ 2250 ЛТК	~250 ЛТК	Микрообработка (≤ 1 кВт): ЛГ, ЛМ, ЛН, ЛП, ЛР, Лрем, ЛС, ЛСв, ЛТупр
7.	СП «Лазертех», СПб	~ 62 ЛТК	до 2–3 ЛТК	ЛР (в т.ч. б/у «Хебр», Trumpf), ЛН, ЛС, ЛТупр
8.	«Лазеры и аппаратура ТМ – ESTO», г. Зеленоград	~700 ЛТК	~55 ЛТК	АдТ, АдУ, ЛР, ЛС, ЛМ, ЛН, ЛСв, ЛТупр, ЛТК и др.
9.	«Лазерформ», г. Москва	400	48	ЛГ, ЛМ, ЛС, ЛР, ЛСв, ЛТупр, ЛРем, подгонка резисторов
10.	«Лаген», г. Москва	~ 180	30	ТТЛ, ЛМ, ЛС
11.	«Латиком», г. Москва, г. Зеленоград	~ 500 ЛТК	~65–70 ЛТК	Микрообработка: ЛН, ЛОч, ЛР, ЛС, ЛТупр. ТТЛ
12.	«Научные приборы», СПб	~340 ЛТК	~30 ЛТК	ЛМ, ЛГ, персонализация данных
13.	НПФ "Прибор-Т", Саратов	≥ 12 ЛТК	1–3 ЛТК	Микрообработка: ЛР, ЛСв
14.	НПК «Рapid», г. Воронеж	~ 110 ЛТК	10–12 ЛТК	ЛР (на ВЛ и СО ₂ Л)
15.	«Рухсервомотор», Беларусь	≥ 250 ЛТК	~ 25 ЛТК	ЛР, ЛТупр, ЛН
16.	«ТехноЛазер», г. Шатура Московской обл.	≥ 100	7–8	ЛР. СО ₂ Л (до 8 кВт)
17.	«Топаз», г. Томск	~ 15	до 1–2	Микро и макрообработка. Лпм.
18.	ГНЦ РФ «ТРИНИТИ» г. Троицк, г. Москва	≥ 8 (ЛДР)	1–2 (ЛДР)	ЭЛ (до 400 Вт), ЛРдистанционная
19.	«Центр лазерных технологий» (ЦЛТ), СПб	≥ 500	До 120	ЛГ, ЛМ и др. микрообработка
20.	ЦК СПА (г.Москва) / PRECITEC, Nutech	≥ 150 (головок) ~10 (Л)	до 50 (головок) ~2 (Л)	Головки для ЛОМ (для ЛР, ЛС, ЛН, АдТ, ЛТупр), ВЛ, ДЛ, ДискЛ
21.	«Юнимаш», СПб («МорСвязьАвтоматика»)	≥ 500 ЛТК	до 100 ЛТК	ЛР
Зарубежные поставщики / производители лазерных систем				
1.	Amada, Япония	~ 400 ЛТК	до 25–40 ЛТК	ЛР
2.	Группа предприятий ARAMIS, Чехия–Россия	до 25 ЛТК	~ 5 ЛТК	ЛР
3.	BODOR (Китай)	~250	≥ 100	ВЛ, ЛР (до 6-12 кВт), ЛГ, ЛМ
4.	Bystronic, Швейцария	~ 300 ЛТК	до 30-50 ЛТК	ЛР
5.	Ermaksan, Турция	≥ 100 ЛТК	≥ 5–10 ЛТК	ЛР
6.	GrosseMARK (бывшая «ЮниЛазер», г. Москва)	≥ 154	~ 73	ЛГ, ЛМ
9.	«ОПТЕЛА — ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» (и др.), Болгария	~300 СО ₂ Л		ЛР (HeBr) Важный исторический этап
10.	Mazak, Япония	≥ 100 ЛТК	до 8–10 ЛТК	ЛР
11.	PrimaPower (PRIMA INDUSTRIE GROUP), Италия	≥ 170 ЛТК	до 5–10 ЛТК	АдТ, АдУ, ВЛ, ГЛ, ЛСв, ЛТК, ЛР, СО ₂ Л – СО ₂ -лазеры
12.	TRUMPF, Германия	≥ 1000 ЛТК	до 40 (ЛТК, ЛР) до 5 (ЛТК, ЛС)	Макрообработка (≥ 30 кВт) ЛР, ЛС, ЛН, ЛМ, АдУ, и др.
<p>ПРИМЕЧАНИЕ: АдТ — аддитивные технологии, АдУ — установка для аддитивных технологий, ВЛ — волоконные лазеры, ГЛ — газовые лазеры, ДискЛ — дисковые лазеры, ДЛ — диодные лазеры, ЛГ — лазерная гравировка / скрайбирование, лазерный гравер, ЛДР — лазерная дистанционная резка, ЛК — лазерные компоненты; ЛКр — лазерные кристаллы; ЛМ — лазерная маркировка/лазерный маркер, ЛН — лазерная наплавка, ЛОМ — лазерная обработка материалов, ЛОч — лазерная очистка, ЛП — лазерная пайка, ЛР — лазерная резка, ЛРем — ремонт прессформ, штампов и др., ЛС — лазерная сварка, ЛСв — лазерное сверление/прошивка, ЛСи — лазерная система, ЛТК — лазерный технологический комплекс/установка, ЛТупр — лазерное термоупрочнение, ЛФ — лазерное фрезерование, СО₂Л — СО₂-лазеры, ТТЛ — твердотельные лазеры, УФЛ — ультрафиолетовые лазеры, УФЛМ — ультрафиолетовый лазерный маркер, ЭЛ — эксимерные лазеры.</p>				

емые лазеры в основном используются в аналитическом оборудовании и промышленных установках. На основе многолетнего опыта в разработке и производстве лазеров для OEM-проектов компания «Лазер-экспорт» разработала и предложила на рынок портативный лазерный анализатор химического состава металлов и сплавов «ЭЛАНИК», не имеющий прямых аналогов в мире по своим функциональным возможностям. С 2017 года прибор внесен в Госреестры СИ РФ, Белоруссии и Казахстана.

Компания «ФТИ-Оптроник», основанная в 1994 году на базе Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, является разработчиком и производителем твердотельных лазеров с диодной накачкой (DPSS) и диодных лазеров в диапазоне длин волн от 255 до 9150 нм, а также лазерных модулей видимого спектрального диапазона.

В таблице 2 приведены данные о производителях / поставщиках лазерных систем российским потребителям.

Производители и поставщики лазерных систем (ЛТУ, ЛТК и др.), которые работают на российском рынке (помимо приведенных в табл. 2) [9]: **Durma**, Турция (ЛР); **JFV**, Китай (ЛР); **HAN'S LASER**, Китай (ЛР); **Messer**, Германия (ЛР), **LaserGURU**, СПб (ЛГ, ЛМ, ЛР, ЛС, УФЛМ); **Mitsubishi**, Япония (ЛР); **P-laser**, Бельгия (ЛОЧ); **Salvagnini**, Италия (ЛР), **SharpLase Laser Systems**, США (ЛГ, ЛМ); «Автогенмаш» (ЛР); **АССОЦИАЦИЯ ПП КПО — ООО «Ассоциация потребителей и производителей кузнечнопрессового оборудования»**, г. Воронеж (ЛР), «Атеко», г. Москва (ЛМ); **ИАиЭ СО РАН — Институт автоматики и электрометрии СО РАН**, г. Новосибирск (ЛСи; ЛМ); **ИПЛИТ РАН — Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН**, г. Шатура Московской обл. (ЛСи); **ФГУП**

«НПП ИСТОК», г. Фрязино Московской обл. (Лпм; ЛГ, ЛОЧ, ЛР, ЛСв); **Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ИТПМ СО РАН)**, г. Новосибирск (ЛС, АдТ); **ИФ НАНБ — Государственное научное учреждение «Институт физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Белоруссии»**, Белоруссия, г. Минск (ВЛ, ТТЛ, ЛМ); **Научно-производственное республиканское унитарное предприятие «КБТЭМ-ОМО»**, Белоруссия, г. Минск (ЛСи; ЛК); **ООО «Квантрон»**, г. Москва, г. Зеленоград (сканеры и КИМ); **Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук (КТИ НП СО РАН)**, г. Новосибирск (ЛСи, измерения и контроль); **«ЛазерМастерГрупп»**, г. Москва (ЛР); **«Лазерные машины»**, г. Ярославль (ЛГ, ЛМ, ЛР); **Научно-производственное предприятие «Лазерные системы»**, С.-Петербург; **МГТУ им. Н.Э. Баумана (АдТ, АдУ)**; **«Лазерный Технологический Центр»**, г. Шатура Московской обл. (ЛН, ЛР, ЛС, ЛТУпр, СО₂Л — до 6–10 кВт); **«Лазер-резерв»**, Москва (ТТЛ («Квант»), ЛГ, ЛМ, ЛР, ЛСв, подгонка резисторов); **«ЛазерТрэк»**, г. Москва (ЛМ и др., ГЛ, ДЛ, ППЛ, ТТЛ, ФВЛ, СО₂Л, Эл); **ООО «Научно-производственная фирма «Лазер-Юнит»**, г. Москва; **«Московский центр лазерных технологий» — МЦЛТ (АдТ, ЛМ/ЛГ, ЛН, ЛР, Лрем, ЛС, ЛТУпр)**, «Маркирующие идентификационные комплексные системы», г. Москва (ЛГ, ЛМ, ЛТК); **ООО «Мултитех»**, С.-Петербург (Лсв., ЛГ, ЛФ); **НИИЭФА — ФГУП «Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова»**, С.-Петербург, пос. Металлострой (ЛСи); г. Владимир; **НТЛТ — ООО «Новые технологии лазерного термоупрочнения» (ЛОМ до 15 кВт)**, в т.ч. ЛС, ЛР, ЛН, ЛТУпр, ЛГ), г. Владимир

ЭЛАНИК®

Элементный Лазерный Анализатор

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Внесён в Госреестр СИ РФ под номером 70911-18

АНАЛИЗ УГЛЕРОДА В СТАЛИ И ЧУГУНЕ! БЕЗ ИНЕРТНОГО ГАЗА!

Отличительные черты:

- Низкие пределы обнаружения при измерении лёгких элементов (Be, C, Mg и др.)
- Отсутствие рентгеновского излучения и связанных с ним ограничений.
- Проведение измерений на воздухе, без использования инертного газа (аргона) и других расходных материалов.

www.elanik.ru

www.laser-compact.ru

ЛАЗЕР-КОМПАКТ
ООО «ЛАЗЕР-ЭКСПОРТ»

Тел.: +7 (499) 578-05-48 / Факс: +7 (499) 578-05-49
E-mail: sales@laser-export.com
117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3, корп. 8

/ г. Радужный Владимирской обл.; НТЦ УП РАН — Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, г. Москва (ЛСи); «Петровские мастерские», Москва (ЛМ, ЛГ); «Плакарт», г. Москва (ЛН); ГНПО «Планар», Белоруссия, г. Минск (ЛСи); АО «Научно-исследовательский институт «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха», г. Москва (ЛСи, ТТЛ; ЛК); «Промлазер», г. Шатура Московской обл. (ЛР), АО «Научно-производственное предприятие «Сапфир», г. Москва (ЛСи; электроника); «Сканер Плюс», г. Москва (ЛГ, ЛМ, ЛР); ООО «СТАНКОМОНТАЖ», г. Стерлитамак (ЛР, ЛМ); ООО НПК «ТЕЛАР», г. Тула (ЛР); ООО «Термолазер» (ЛТупр), г. Владимир; «Тета», г. Москва (ЛР на ТТЛ и ВЛ); ООО «Технол Лтд», г. Москва (ЛГ, ЛМ); ЦЛТ-ТРАНСМАШ — Центр лазерных технологий ОАО МТЗ «ТРАНСМАШ», г. Москва (ЛСи; ЛС; ЛМ; ЛГ), ЦТСС — АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (ранее ЦНИИТС), С-Петербург (ЛР, ЛС, ЛН, ЛТК); ООО «Научно-производственная компания «ШАГ-ЛАЗЕР», г. Москва; «Швабе-Фотосистемы», г. Москва (микрообработка электроники: ЛР и др.); ООО «Ювента», г. Москва (ЛМ, ЛГ).

В России также существует ряд центров лазерных технологий и компаний, которые решают актуальные производственные задачи и оказывают услуги лазерной обработки материалов: РЦЛТ (г. Екатеринбург), Вятский лазерный инновационно-технологический центр (г. Киров), Лазерный инновационно-технологический центр (г. Москва), «Лазеры и технологии» (г. Зеленоград), «Лазертерм» (г. Санкт-Петербург), «Страж-лазер» (с. Беседы Московской обл.) и др. С 1990 г. в Москве работает неправительственная некоммерческая международная организация «Лазерная ассоциация» (ЛАС).

27–31 мая 2019 г. в Москве в «Экспоцентре» прошла традиционная выставка «Металлообработка–2019», где демонстрировались лазерные машины для обработки материалов. На этот раз наибольшее впечатление в области лазерных технологий произвел скачок мощности лазерных источников, в последние годы применяемых в машинах для лазерной резки: с 3–6 кВт до 12 кВт (BYSTRONIC, BLM GROUP, BODOR, TRUMPF, AMADA, MAZAK, PRIMA POWER и др.). На «Металлообработке» было представлено порядка 15 производителей и постав-

щиков машин лазерной резки (рис. 1), в т.ч. VNITEP (Россия) с системой «Навигатор» с лазером 15 кВт, HAN'S LASER анонсировал машину резки с лазером 20 кВт. Мало того, 26 марта компания Bodor Laser провела конференцию в Цзинане (Китай) по запуску нового продукта и официально выпустила сверхмощную лазерную режущую машину серии Bodor S мощностью 25 кВт для резки стали толщиной до 70 мм [10].

Как отметил на выставке «ФОТНИКС ВЕСТ» (США) финансовый директор IPG Тим Маммен, «IPG наблюдает постоянный сдвиг в спросе на более мощные лазеры, и теперь некоторые клиенты начинают переходить на источники непрерывного излучения мощностью 20 кВт, которые будут поддерживать более скоростную резку металла». «Продажи лазеров ≥ 10 кВт увеличились на $\geq 40\%$ по сравнению с прошлым годом» [11].

Арабы и индийцы на выставке «Металлообработка–2019» проявили повышенный интерес к флагману машин лазерной резки российской компании VNITEP мощностью 15 кВт. Генеральный директор ВНИТЭП А.Н. Коруков объясняет это потребностью заказчиков в более производительных машинах. Руководители компании IPG эту тенденцию также подтверждают [11]. Однако, есть оппоненты, которые в этом еще сомневаются.

Надо заметить, что увеличение мощности — не единственный путь для повышения толщин разрезаемых материалов, производительности и качества лазерной резки. Эти задачи возможно решать и более дешевыми способами, например: путем сканирования, регулирования свойств фокального пятна и совершенствованием устройства режущей головки, как это осуществляют компании Fraunhofer IWS и AMADA, nLIGHT (Vancouver, WA), Lockport (США, Нью-Йорк) и TRUMPF, соответственно.

Компания VNITEP (Россия) на выставке «Металлообработка–2019» продемонстрировала образцы лазерной резки из стали и меди толщиной до 30 и 6 мм соответственно, алюминиевых и латунных сплавов толщиной до 12 мм. Стоит также вспомнить, что в ассортименте продукции компании ВНИТЭП запатентована разработка — станок с двумя независимо работающими режущи-



Рис. 1. Машины для лазерной резки листового металла и труб от ведущих мировых и российских производителей: AMADA — новый ЛТК ENSIS 1015 AJ (а), VNITEP — ЛТК «Навигатор» с лазером IPG 15 кВт и лазерной головкой Precitex Procutter (б), MAZAK — ЛТК Optiplex 3015 DDL (в), BLM GROUP — ЛТК Lasertube TL FIBER для резки труб (г), ЛТК BODOR, BYSTRONIC — ЛТК Fiber 10000 (д, е)

ми головками. Каждая лазерная головка может раскраивать свою раскладку на общем или отдельном листе. Этот станок практически удваивает выпуск продукции. Для примера: согласно каталогу компании, он способен производить перфорацию стального листа толщиной 1 мм отверстиями диаметром 2 мм с межцентровым расстоянием 4 мм со скоростью 20 отверстий в секунду.

Необходимо отметить, что сегодня лазеры уже начинают закрывать точным раскромом стали и сплавов большую часть их промышленного сортамента — до 80–90%.

Другая российская компания, «Юнимаш» («МорСвязьАвтоматика»), является опытным разработчиком и производителем лазерных раскройных комплексов, предлагая станки покупателям с 2006 года. В 2018 году компания вывела на рынок новую модель — LaserCut Master (рис. 2). Находясь формально в бюджетном ценовом сегменте, данный станок оснащен линейными приводами, что позволило значительно увеличить скорость холостых ходов, ускорение во время резки и общую надежность системы перемещения оптической головки в целом. Создание подобного раскройного комплекса стало возможным в первую очередь за счет того, что «Юнимаш» самостоятельно производит основные составляющие своих станков, в том числе линейные двигатели.



Рис. 2. Новый ЛТК Laser Cut Master компании «МорСвязьАвтоматика»

Российский филиал компании **PRIMA POWER** представил на выставке новейшую установку скоростной 2D-лазерной резки LASER GENIUS 1530 с собственным волоконным источником мощностью 4 кВт, адаптивным коллиматором, линейными приводами и новейшими пакетами дополнительного оборудования для непрерывного производства (рис. 3).

Японская корпорация **Yamazaki Mazak** показала новинку — станок лазерной резки на прямых диодах



Рис. 3. ЛТК LASER GENIUS 1530 компании PRIMA POWER

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

 ГРУППА КОМПАНИЙ
**ЛАЗЕРЫ
И АППАРАТУРА**

 +7 499 710 00 53

 sales@laserapr.ru

 www.laserapr.ru

 lia_laserapr

 lia_laserapr

Optiplex 3015 DDL (4 кВт) — **рис. 1в**. Особенностью лазера на прямых диодах является более короткая, чем у волоконного лазера, длина волны, что способствует увеличению скорости резки тонких и средних листов, включая материалы с высокой отражающей способностью, такие как медь и латунь.

Одной из первых компаний, интегрировавших оптоволоконный лазер производства IPG в промышленный комплекс раскроя листового металла, стала в 2004 году белорусская компания «Рухсервомотор». Предприятие поставляет на рынки СНГ, Европы и США широкий спектр лазерного оборудования с рабочим полем от 1,25*1,5 м до 12*2,5 м, технологические комплексы лазерной закали и наплавки.

Научно-производственная компания «РАПИД» (Воронеж) имеет большой опыт по созданию прецизионных порталных координатных систем различного назначения и в настоящее время специализируется на производстве промышленных лазерных раскройных станков, в том числе и длинномерных. В 2018 году компания серьезно обновила конструкцию и электронику станков, подписав партнерское соглашение с Mitsubishi Electric о применении в своей продукции систем ЧПУ, сервоприводов и программного обеспечения последнего поколения. Это позволило существенно поднять надежность и без того надежных станков «РАПИД» и серьезно улучшить динамические характеристики и, как результат, производительность.

Немецкая компания **TRUMPF** (Германия) — старейший, самый крупный производитель лазерного технологического оборудования (ЛТО), на «Металлообработке» предложила машину для АдТ с 1 кВт зеленым лазером для выращивания деталей из цветных металлов [12] — **рис. 4**. О разработке и серийном производстве зеленых импульсных лазеров (с длиной волны 515 nm) со средней мощностью до 400 Вт (и пиковой мощностью до 4 кВт) и непрерывных лазеров мощностью до 1 кВт компания TRUMPF сообщила еще в начале 2019 года. Новая технология позволяет качественно сваривать с высокой абсорбцией (35–40%) компоненты для электрических устройств и электроники из меди, обладающей высокой теплопроводностью и отражающими свойствами, что существенно затрудняло лазерную сварку [13].

Хочется отметить еще одну разработку. 23 апреля 2019 года было опубликовано сообщение о том, что группой исследователей из Центра оптики Photonique et Laser (COPL) университета Лаваль по международному



Рис. 4. SLM машина TruPrint 1000 с зеленым лазером компании Trumpf и образцы выращенных медных изделий [12].

проекту PROTEus был предложен новый метод 3D-печати оптических элементов из халькогенидного стекла. Это может привести к революционному прорыву в производстве инфракрасных оптических компонентов. Фактически 3D-печать открывает путь к новой эре проектирования и комбинирования оптических материалов [14].



Рис. 5. Установка прямого лазерного выращивания СПБГМТУ/ИЛИСТ и самое большое в мире «напечатанное» кольцо из титана

Целый ряд российских компаний — производителей лазерных систем развивает также тему аддитивных технологий. СПБГМТУ/ИЛИСТ на «Металлообработке» была продемонстрирована установка для изготовления крупногабаритных стальных деталей 2×2×0,8 м методом прямого выращивания и самое большое в мире «напечатанное» кольцо из титана (**рис. 5**). Подобная установка в мае 2019 г. была смонтирована на площадке ПАО «ОДК-УМПО» [15]. Она имеет двухкоординатный рабочий стол грузоподъемностью полторы тысячи килограммов, позволяющий обрабатывать изделия диаметром более 2 метров. Технологический инструмент перемещается с помощью 6-осевого промышленного робота-манипулятора. Кинематическая схема установки имеет девять синхронно управляемых осей, что обеспечивает возможность выращивания изделий сложной пространственной конфигурации. Время непрерывной работы УПЛВ составляет не менее 100 часов. На данный момент это самая крупногабаритная машина в линейке аддитивных установок СПБГМТУ. Ранее роботизированная установка прямого выращивания была поставлена также на ПАО «Кузнецов», г. Самара. Разработчики утверждают, что данная технология позволит увеличить скорость изготовления запчастей для газотурбинных двигателей более чем в 2 раза по сравнению с традиционными методами. Плюс ко всему, появится возможность уменьшить количество отдельных деталей конструкции и сделать агрегат более надежным [16]. Еще ранее вице-президенту АО «ОСК» Алексею Рахманову ИЛИСТом были продемонстрированы изделия для судостроения [17], **рис. 6**.

На выставке «Металлообработка» НПП «Лазерные системы» (СПб) показало свою установку селективного лазерного сплавления (SLM) M250 (**рис. 7**). Представителем предприятия отмечено, что удалось добиться



Рис. 6. Примеры изделий для российского судостроения, выращенных на оборудовании компании ИЛИСТ (СПб)

хорошей микроплотности стальных изделий. Серия машин SLM и порошковой наплавки созданы ГК «Лазеры и аппаратура ТМ». Работы по выпуску оборудования ведутся в «Русатом — Аддитивные технологии» и у других производителей [18].



Рис. 7. SLM-принтер по металлу M250 производства НПП «Лазерные системы» (СПб) (фото: «Лазерные системы»)

Хорошо известны российским специалистам маркиры и граверы от компаний «Лазерный центр» и «Центр лазерных технологий» (СПб), а также другое оборудование для лазерной микрообработки (рис. 8, 9).

Так, на выставке «Металлообработка-2019» ООО «Лазерный центр» представил несколько новинок. Новая система «ТурбоФорма» реализует технологию трехмерной лазерной эрозионной обработки (LaserBarking®) с функцией суперфинишной обработки поверхности любых металлов и превосходит традиционные механические и электроэрозионные методы, т.к. обрабатывается металл любой твердости без применения шаблонов, а лазерный луч диаметром 30 мкм позволяет создавать 3D-формы с очень высокой детализацией. Технология применяется при изготовлении матриц, пуансонов, штампов, пресс-форм, чеканов, штемпелей и прочих мелкогабаритных объемных изделий. Также «ТурбоФорма» имеет функции скоростного нанесения надписей и изображений на различные материалы и резки металла до 3 мм. Отличительная особенность другой новой прецизионной высокоскоростной лазерной системы «МикроСЕТ» — возможность производить обработку с точностями от 3 мкм. Также специалисты «Лазерного центра» совместно с компанией FANUC представили стенд, на котором два роботизированных манипулятора сваривали заготовки на системе «Фотон-150» и маркировали получившееся изделия на системе «ТурбоМаркер» (рис. 8). Все опе-

- ✓ Комплектующие лучших мировых производителей, ЧПУ и сервоприводы «Mitsubishi»
- ✓ Поддержка изготовителя на протяжении всей жизни станка

ЛАЗЕРНЫЕ РАСКРОЙНЫЕ
СТАНКИ С ВОЛОКОННЫМИ
ЛАЗЕРАМИ IPG



ДЛИННОФОРМАТНЫЕ
И КРУПНОФОРМАТНЫЕ
ЛАЗЕРНЫЕ СТАНКИ



ЛАЗЕРНЫЕ СТАНКИ
С ВОЛОКОННЫМИ ЛАЗЕРАМИ
IPG МАЛОЙ МОЩНОСТИ
ДЛЯ РАСКРОЯ ТОНКОЛИСТОВОЙ
И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ



ЛАЗЕРНЫЕ РАСКРОЙНЫЕ
КОМПЛЕКСЫ С МОЩНЫМИ
CO₂-ЛАЗЕРАМИ ROFIN-SINAR



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



СКОРОСТНЫЕ СТАНКИ
ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ
«РАПИД Плазма»



КООРДИНАТНЫЕ СТОЛЫ С ЧПУ
ПОЗИЦИОНЕРЫ



КРУПНОФОРМАТНЫЕ
ПЛАНШЕТНЫЕ ПЛОТТЕРЫ,
ГРАФОПРОВОДНИКИ,
КООРДИНАТОГРАФЫ



Телефон: +7 (903) 651-67-49
Телефон: +7 (473) 202-92-60
Тел./факс: +7 (473) 241-94-50

394033, г. Воронеж
ул. Ильюшина, дом 3
Email: npkrapid@yandex.ru
http://www.npk-rapid.ru



Рис. 8. Авторизированный стенд для сварки и маркировки компании «Лазерный центр»



Рис. 9. Портальный комплекс маркировки с расширенным полем обработки компании «Центр лазерных технологий»



Рис. 11. Установка лазерной наплавки ГК «Лазеры и аппаратура»

рации происходили в автоматическом режиме. Отличительные особенности данного комплекса: специалистам удалось обеспечить зазор между свариваемыми изделиями 0,4 мм и благодаря этому значительно уменьшить ширину сварного шва.

«Ленинградские лазерные системы» (СПб) совместно с HGTECH (Китай) поставляют в Россию ультрафиолетовые лазеры и маркеры на их основе (рис. 10), а также волоконные лазеры мощностью до 12 кВт, оптические и электронные комплектующие для лазеров и ЛТО. Разнообразие задач и обрабатываемых материалов диктует особые требования к комплектации лазерной системы. Так ультрафиолетовые лазеры хорошо подходят для использования в кабельной промышленности и для маркировки пластиков различного назначения. Конфигурация лазеров МОРА позволяет изменять ширину импульса волоконного лазера, без потери в энергии, а также обладает повышенным диапазоном регулировки частот. Среди представляемых компанией поставщиков комплектующих для сборки лазерных комплексов: JPT — один из лидеров производства волоконных лазерных МОРА источников до 200 Вт. WSX — ведущий производитель лазерных головок с автофокусом для лазерной резки и сварки и др.

Российские лидеры в производстве оборудования для лазерной микрообработки — «Лазеры и аппаратура» и «Булат» (г. Москва, г. Зеленоград) — рис. 11, 12.



Рис. 10. Ультрафиолетовый маркер HGTECH для маркировки кабелей и других изделий (а), лазерный комплекс LSF-20H на базе волоконного МОРА лазера (б)



Рис. 12. Система очистки HTF CLEAN, «ОКБ «БУЛАТ»

Группа компаний «Лазеры и аппаратура» реализует полный «жизненный цикл» серийного и специального лазерного оборудования, уделяя большое внимание использованию качественных отечественных комплектующих, в том числе собственного производства (лазерные головы, линейные двигатели и др.). Среди нового оборудования можно отметить многофункциональный станок для сварки, резки и глубокой гравировки МЛ4 Компакт, станок для лазерной резки поликора и кристаллов МЛП-2106, станок скоростной прецизионной резки и раскроя листовых и рулонных материалов МЛ35 Компакт, созданный для резки трансформаторной стали. В перспективном аддитивном производстве компания выбрала для себя три направления и добилась определенных успехов: SLM (серия машин МЛ-6), LMD (серия машин МЛ7 для лазерной наплавки и прямого выращивания из металлического порошка), микротехнология (совместно с МФТИ и при поддержке Минэкономразвития выполнен макет микроаддитивной машины для производства 3D-структур электроники и фотоники, опытный образец будет представлен в 2020 г.). Новая установка лазерной наплавки (рис. 11) демонстрировалась на выставке «Металлообработка-2019» в комплекте с первым российским питателем порошка МЛ7.

Основанная в 1991 году компания «ОКБ «БУЛАТ» специализируется на разработке и производстве лазерного оборудования для сварки, резки, наплавки, грави-

Современное лазерное оборудование

Компания «ЛЛС» предлагает готовые решение на базе ультрафиолетовых лазеров для вас и вашей компании от производителя



- Мощность до **18 Вт**
- Скорость до **500 символов**
- Немецкая оптика и сканирующая система
- Для использования в конвейерной линии, производстве, офисе



А так же лазерные источники компании **Hiagrau**

- Наносекундные **355нм 3,5,12,18 Вт**
- Наносекундные **532нм 10,20,35 Вт**
- Пикосекундные **532нм 4,15 Вт**
- Пикосекундные **1064нм 10,30,50 Вт**
- Фемтосекундные **1035нм 2,5,10,20,40 Вт**



Таблица 3. Приблизительный прогноз возможной реализации в России лазерных систем, а также их ориентировочная стоимость

№	Вид обработки	Возможная реализация ЛСи, шт/год	Емкость рынка /потребность предприятий РФ в ЛСи, шт./на 3–5 лет	Средняя ориентировочная стоимость ед. оборудования, руб / \$ / €	Мощность излучения, Вт/кВт
1.	Лазерная резка листов	до 250	до 1000	200–1000 тыс. евро	500 Вт – 25 кВт
2.	3D-лазерная резка	более 20	более 80	300–2000 тыс. евро	500 Вт – 25 кВт
3.	Лазерная сварка мощными лазерами (≥ 1 кВт)	до 10–20	до 50–100	300–5000 тыс. евро	до 30/100 кВт
4.	Лазерная сварка лазерами до 1 кВт	до 50	до 250	1–10 млн. руб.	до 1 кВт
5.	Лазерная наплавка мощными лазерами	до 10-20	до 50-100	300–2500 тыс. евро	1 – 12 кВт
6.	Лазерная маркировка и гравировка	более 500	более 1500	1,5–3 млн руб., китайские маркеры от 300 000 руб.	10–50 Вт
7.	Сверление и др. виды микрообработки	до 100	до 500	1,5–5 млн руб.	до 500 Вт
8.	Аддитивные технологии по выращиванию металлических изделий	до 20	до 50–100	1,5–3 млн. руб. и более	100 – 1000 Вт
9.	Аддитивные технологии по выращиванию неметаллических изделий	~200–500	~1–2,5 тыс.	0,1–1,5 млн. руб.	до 100 Вт

ПРИМЕЧАНИЕ 1: к стоимости оборудования, гарантийного ремонта может добавляться стоимость разработки технологии и патентов изготовителя/разработчика/поставщика стоимостью до нескольких миллионов \$, например, при проектах с фирмами мирового уровня, таких как TRUMPF. При этом нижняя цена в диапазоне взята для российского рынка (китайские поставки могут быть еще дешевле), а максимальная цена скорее соответствует европейским и ценам США. Кроме того, если убрать санкции, то должен быть мощный всплеск объемов реализации и, вероятно, изменение цен.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Стоимость зависит от мощности лазерного источника, размеров зоны обработки, наличия вспомогательных систем и др.

ровки и других технологических операций. Ее установки соответствуют уровню ведущих мировых производителей и работают в 30 странах мира. Из нового оборудования можно отметить технологические установки серии HTF CLEAN, предназначенные для выполнения операций по лазерной очистке поверхности (рис. 12). Благодаря импульсному лазерному излучению установка деликатно удаляет окалину, ржавчину, краску, следы нефтепродуктов и многие другие виды загрязнений без повреждения самой детали.

Головки для лазерной обработки предлагали фирмы HIGHYAG (Германия), ЦкСПА (от Precitec, Scansonic и др.) и ЛЛС (от китайских производителей). ЦкСПА предложила датчик scanSPA для слежения за сварочным швом, разработанный в России.

На выставке были представлены многие новейшие разработки. И их внедрение могло бы иметь взрывной характер. Но санкции США существенно тормозят российский и другие рынки лазерных технологий, снижая поставки/продажи от производителей ЛТО в разы.

В таблице 3 приведен прогноз возможной реализации лазеров и лазерных систем в 2019/2020 годах, а также ориентировочная потребность российского рынка, которая, как правило, на порядок больше объема реальной/фактической реализации (по объективным и субъективным причинам). Стоимость бывшего в эксплуатации/восстановленного оборудования может быть в 2–3 меньше приведенных данных, относящихся к новым лазерам (Л) и лазерным системам (ЛСи).

В России традиционно выполняются и научно-исследовательские работы по созданию новейших лазерных источников излучения, а не только коммерческие

проекты. Так, например, в пресс-службе Российского федерального ядерного центра — ВНИИЭФ заявили о завершении сборки центрального элемента новейшей лазерной установки. Как стало известно, аппарат, созданный отечественными конструкторами, не имеет аналогов во всем мире, а мощность его импульса превосходит таковую у существующих ныне установок в 1,5 раза [19].

Внешне новейший лазер напоминает огромную сферу диаметром 10 метров и весом 120 тонн (рис. 13). На данный момент исследователи уже приступили к испытаниям систем первого модуля устройства. Запуск аппарата намечен на конец текущего года, а в 2022 году установку планируют ввести в эксплуатацию [19].

Российские ученые из команды Дмитрия Федянина с помощью пластинок из алмазов с различными примесями создали лазер в несколько тысяч раз мощнее, чем это считалось ранее возможным. Российские физики из Московского физико-технического института в Дол-



Рис. 13. Сборка центрального элемента новейшей лазерной установки [19].

гопрудном выяснили, что при создании лазеров и светодиодов один из эффектов может работать и в «чистых» полупроводниках. Ранее это считалось невозможным. Об этом сообщает журнал *Semiconductor Science and Technology*, передает «РИА Новости». «Если в случае кремния и германия для этого требуются криогенные температуры, что ставит под вопрос ценность этого эффекта, то в таких материалах, как алмаз и нитрид галлия, он может наблюдаться уже при комнатной температуре. Это означает, что данный эффект можно использовать в создании устройств для массового рынка», — рассказывает сотрудник МФТИ Дмитрий Федянин [20].

Опыт работы последних лет над технологическими лазерами пригодился и российским военным. Так, стоит напомнить о поступившем в войска в декабре 2018 года российском боевом лазере «Пересвет». По мнению экспертов, его мощность сможет достигать 400 кВт, а питание будет осуществляться от мобильной АЭС — как на земле, так и в космосе (*а возможно — и на море, и в авиации — как у американцев*) [21]. США и Китай объявляли в последние годы о разработках/испытаниях боевых лазеров мощностью до 100 кВт [22], но, конечно, при желании они могут использовать и лазеры мощностью до ≥ 500 кВт. А по большому счету, нужны лазеры нового поколения, новых типов, с большей на порядок эффективностью воздействия на объекты. Роль физиков и инженеров в будущем этих проектов сложно переоценить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ситуация на рынке лазеров и лазерных систем сегодня существенно зависит от политической и экономической ситуации в текущий период в стране и за рубежом. США оказывают в последние годы сильнейшее давление на европейских и мировых производителей с целью изоляции России, соблюдения эмбарго на поставки высокотехнологичной продукции, и в том числе лазерной.

В российской промышленности соотношение объемов применения различных видов лазерной обработки материалов аналогично ведущим зарубежным странам. Лидер по объему продаж — резка, а по количеству проданных установок — маркировка и гравировка. Их применение носит массовый характер. Применение же лазерной сварки, наплавки, очистки и сверления, аддитивных технологий требует индивидуального подхода, разработки соответствующей технологии, проведения испытаний и исследований, аттестации, поэтому они имеют пока небольшой объем применения, хотя отрабатываются в большинстве лазерных центров и имеют очень хорошие перспективы, подобно промышленным внедрениям в ведущих странах мира: США, Германии, Японии и Китае.

Сдерживают внедрение лазерной техники и технологий в России (и даже за рубежом, хотя там ситуация намного благополучнее) отсутствие нормативных документов, необходимых стандартов, хотя в последние годы произошел некоторый положительный сдвиг применительно к сварке и маркировке — благодаря работе ТК 423, ТК 364, ТК 355, ТК 296, ТК 145, ТК 124, МТК 109 [23].

Н. В. Буров, генеральный директор
АО «Ленинградские лазерные системы» (СПб),
А. Г. Игнатов, эксперт Минобра в научно-технической сфере,
член КНЭ по лазерам и лазерным технологиям: 2005–2021 гг.,
e-mail: laseris-spbo@yandex.ru;
www.lenlasers.ru; www.laseris.ru

Литература

1. Отчетный доклад президента Лазерной ассоциации И. Б. Ковша / Лазер-Информ. 2018. № 5–6 (620–621). С. 1–7.
2. Ковш И. Б. Фотоника в России: состояние и задачи / Лазер Информ. 2019. № 4 (643). С. 1–16.
3. Лазерные источники излучения. Часть 1 (газовые лазеры и лазеры на красителях), 45 с. Часть 2 (твердотельные лазеры, включая волоконные), 124 с. Часть 3 (полупроводниковые лазеры) 84 с. / П. Е. Дубовский, И. Б. Ковш // Каталог-справочники по странам СНГ. Издание 20-е. — М.: НТИУЦ ЛАС, 2019. 45 с.
4. Создавая новую реальность — НТО ИРЭ-Полюс. Технологические волоконные лазеры IPG // URL: <http://youtu.be/WOZtp1jh5ko?t=14>; www.ntoire-polus.ru; www.ipgphotonics.com.
5. Лазеры TruDisk немецкой фирмы TRUMPF // URL: <http://www.us.trumpf.com/en/products/laser-technology/products/solid-state-lasers/disk-lasers/trudisk.html>.
6. Лазеры фирмы COHERENT // URL: <https://www.coherent.com/>.
7. Project works to develop laser welding processes for thick metal sheets / Laser Zentrum Hannover (LZH) // *Industrial Laser Solutions*. 2019. JANUARY/FEBRUARY. P. 5.
8. Мировой рынок фотоники и лазерных технологий: 2010–2019 / Н. В. Буров, А. Г. Игнатов // *Ритм машиностроения*. 2019, № 4. С. 60–67.
9. Лазерные технологические установки, выпускаемые в странах СНГ / П. Е. Дубовский, И. Б. Ковш // *Каталог-справочник по странам СНГ*. Изд. 18-е. — М.: НТИУЦ ЛАС, 2019. — 263 с.
10. Bodor Laser 25000W сверхмощная лазерная резка, мировая премьера // URL: <https://www.bodorlaser.ru/News/317.html>, 20/05/2019.
11. IPG видит признаки восстановления рынка лазеров в Китае / URL: <http://лазер.рф/2019/05/30/13106/>, 30/05/2019.
12. Trumpf demonstrates additive manufacturing with copper and gold // *Industrial Laser Solutions*. 2019. JANUARY/FEBRUARY. P. 6.
13. Laser welding at the green wavelength benefits electrified mobility applications/HENRIKKI PANTSAR, EVA-MARIA DOLD, MARC KIRCHHOFF, OLIVER BOCKSROCKER // *Industrial Laser Solutions*. 2019. JANUARY/FEBRUARY. P. 30–32.
14. 3D printing of optical materials will pave the way for a new era of designing and combining materials / URL: https://www.industrial-lasers.com/additive-manufacture/article/16489129/3d-printing-of-chalcogenide-glass-is-promising-for-lowcost-manufacturing?cmpid=&utm_source=enl&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter&utm_content=2019-05-16&eid=324695413&bid=244222223/04/2019.
15. В Уфе завершены работы по вводу в строй уникальной роботизированной установки // URL: <https://www.smt.ru/ru/viewnews/4722/31/05/2019>.
16. Россия напечатает газотурбинные двигатели на 3D-принтере // URL: <https://topcor.ru/7484-v-rossii-zarabotal-samyj-kрупnyj-3d-printer.html> 07/04/2019.
17. Аддитивное производство: что нового?/Н. М. Максимов//*Аддитивные технологии*. 2019. № 2. С. 12–21.
18. Рынок 3D печати в России и мире (Аддитивное производство, АП / Additive Manufacturing, AM), 2018 // URL: http://www.json.tv/ict_telecom_analytics_view/ryнок-3d-pechati-v-rossii-i-mire-additivnoe-proizvodstvo-ap-additive-manufacturing-am-2018-g-20190117060056,01.2019.
19. В России собрали самый мощный в мире лазер//URL: <https://topcor.ru/8060-v-rossii-sobrali-samyj-moschnyj-v-mire-lazer.html> 22/04/2019.
20. Российские физики создали «невозможный» лазер // URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5c27ca5626ab5500aa274344/rossiiskie-fiziki-sozdali-nevozmojnyi-lazer-5ca8597d79457300b32209e106/04/2019>.
21. Скрытые угрозы — Спецвыпуск номер один // URL: <https://tv-show.live/tv-show-of-zvezda-channel/4039-skritye-ugrozy-specvypusk-nomer-odin-03-06-2019.html> 03/06/2019.
22. Игнатов А. Г. Россия и США. Лазеры в системах ПВО и ПРО. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2017. С. 385
23. Стандартизация в области лазерных производственных технологий / С. М. Шанчуров, Л. Б. Жирнова, А. Г. Сухов, М. М. Малыш // *Ритм машиностроения*. 2019. № 2. С. 24–28.



**Big
Industrial
Week***

Большая Промышленная Неделя

Международная промышленная
и технологическая выставка
и форум

**8-10 октября 2019 /
Каир, Египет**



РОССИЙСКИЙ
ЭКСПОРТНЫЙ ЦЕНТР

▼ ЭКСАР
▼ РОСЭКСИМБАНК

business event
GROUP OF COMPANIES **FORMIKA**

www.bigindustrialweek.com

+7 (495) 981-50-00

* Большая
Промышленная
Неделя

12+

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ САЛОН ПРОСТРАНСТВА 1520
PRO//ДВИЖЕНИЕ.ЭКСПО

28-31 АГУСТА
2019, МОСКВА
ЩЕРБИНКА

БОЛЕЕ 20000 КВ.М.
ВЫСТАВОЧНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

УНИКАЛЬНАЯ
 ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ –
 ОТ ПЕРВОГО ПАРОВОЗА
 ДО НОВЕЙШИХ РАЗРАБОТОК
 ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

БОЛЕЕ 100 НАТУРНЫХ ОБРАЗЦОВ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

РЕКЛАМА 12+

✉ k.kurochkin@gudok.ru
 ☎ +7 (495) 983-0818, доб.70-845
 http://railwayexpo.ru

* ПРО//ДВИЖЕНИЕ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР

ОРГАНИЗАТОР

18-я международная выставка-форум
ПРОМЫШЛЕННЫЙ САЛОН.
МЕТАЛЛООБРАБОТКА

24-26 СЕНТЯБРЯ 2019

ВАШЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
НАШИ
ПОКУПАТЕЛИ

Проведите переговоры со специалистами предприятий Поволжья и примите участие в выездных бизнес-встречах с вашими презентациями на территории крупнейших заводов Самары

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ РОССИИ

АССОЦИАЦИИ «СТАНКОИНСТРУМЕНТ»

ЭКСПО-ВОЛГА
 организатор выставок с 1986 г.

г. Самара, ул. Мичурина, 23а
 тел.: (846) 207-11-24
 www.expo-volga.ru

Металл Экспо 2019

25 лет

25-я Международная
промышленная выставка

При поддержке:



Организатор:
**МЕТАЛЛ
ЭКСПО**

12-15 ноября 2019

Москва, ВДНХ, пав. 75



Оборудование и технологии
для металлургии
и металлообработки
МеталлургМаш'2019



Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГК
МеталлТрансЛогистик'2019



Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2019



Ежегодный
выставочный
аудит с 2006 г.

Генеральный
информационный партнер:

МС Металлоснабжение и сбыт

www.metal-expo.ru

Оргкомитет выставки:
тел./факс +7 (495) 734-99-66



4-6 КАЗАНЬ 2019
ДЕКАБРЯ

19-я международная специализированная выставка оборудования, приборов и инструментов для машиностроительной, металлообрабатывающей и сварочной отраслей промышленности

**МАШИНОСТРОЕНИЕ
МЕТАЛЛООБРАБОТКА
СВАРКА**

КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ



Забронировать стенд



16+

ОРГКОМИТЕТ ВЫСТАВОК
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 8,
Тел/факс: (843) 20-29-03, 202-29-92
ОАО «Казанская ярмарка»
www.expromach.ru, www.expokazan.ru
E-mail: expo-kazan@mail.ru




20-22
НОЯБРЯ
2019 **ОБОРУДОВАНИЕ МИРОВЫХ
БРЕНДОВ В ДЕЙСТВИИ!**

Впервые одновременно
с **СИБИРСКИМ
ЭНЕРГИТИЧЕСКИМ ФОРУМОМ**
и выставкой «**НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМИЯ.**»

**МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МАСТЕРСТВА
«СВАРЩИК ГОДА - 2019»**

- ◆ Машиностроение. Станкостроение
- ◆ Металлургия. Металлообработка
- ◆ Инструменты. Метизы
- ◆ Дефектоскопия
- ◆ Литье. Сварка
- ◆ Охрана труда на предприятии
- ◆ Автоматизация производственных, коммерческих и жилых объектов
- ◆ Инновационная обработка поверхностей
- ◆ Логистика. Транспорт. Склад

МВДЦ «Сибирь» ул. Авиаторов, 19 912@ krasfair.ru
тел: (391) 200-44-00 www.krasfair.ru



Реклама
0+



ExpoCoating Moscow

17-я Международная выставка материалов и оборудования для обработки поверхности, нанесения покрытий и гальванических производств

22-24 октября 2019

Москва, Крокус Экспо

Получите бесплатный электронный билет на сайте expocoating-moscow.ru,

используя промокод **S57-VR-8594**

Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге



Международная
Выставочная
Компания
+7 (812) 380 6010/00
expocoating@mvk.ru



ПРОМ-VOLGA²⁰¹⁹

**МЕТАЛЛООБРАБОТКА.
МАШИНОСТРОЕНИЕ. СВАРКА**

XIX межрегиональная специализированная выставка

www.zarexpo.ru



тел./факс: (8442) 26-50-34
prom@zarexpo.ru



**20-22 ноября 2019 г.
Волгоград Арена**

ВЦ «ЦАРИЦЫНСКАЯ ЯРМАРКА»

НА НОВОЙ ВЫСОТЕ

Организаторы

The background is a deep blue gradient. It features a stylized globe with white grid lines in the lower half. Three curved trails, representing rocket paths, arc across the upper half: a white trail on the left, a blue trail in the middle, and a red trail on the right. A red five-pointed star is positioned at the top left, with a white trail leading from it towards the center. Two white paper airplane silhouettes are shown in flight, one above the blue trail and one above the red trail.

МАКС 2019

ЖУКОВСКИЙ • 27 АВГУСТА - 1 СЕНТЯБРЯ



Журнал «Аддитивные технологии»

b2b издание – все об аддитивном
производстве

приглашает к сотрудничеству
авторов и экспертов отрасли,
российских и зарубежных
разработчиков и производителей
3D-принтеров и расходных материалов,
дистрибьюторов.

На страницах журнала публикуются обзорные, проблемные статьи, освещающие развитие аддитивных технологий; статьи о современных технических разработках; репортажи с производств, выставок, конференций; актуальные интервью; материалы о внедрении аддитивных технологий в различных отраслях и перспективах развития.



Журнал «Аддитивные технологии»
распространяется по подписке,
на отраслевых выставках.

Территория распространения —
Российская Федерация

Тираж — **5 000 экземпляров**

Периодичность — **4 раза в год**

Издатель — **ООО «ПРОМЕДИА»**
(издает журнал «РИТМ машиностроения»).



www.additiv-tech.ru

e-mail: info@additiv-tech.ru

тел. (499) 55-9999-8