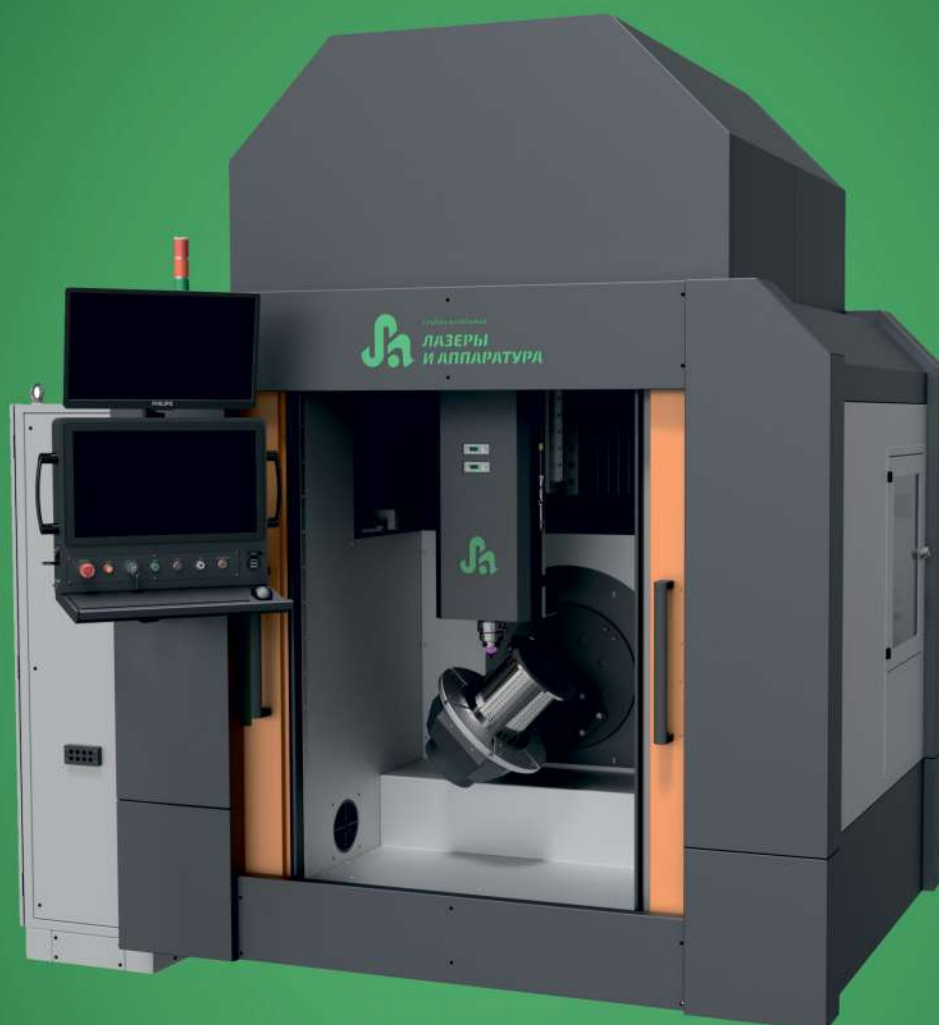


РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'3
2023

РОССИЙСКИЕ ПЯТИКООРДИНАТНЫЕ
ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ПЕРФОРАЦИИ, РЕЗКИ И НАПЛАВКИ



ГРУППА КОМПАНИЙ

**ЛАЗЕРЫ
И АППАРАТУРА**



Включены в Реестр российской промышленной продукции Минпромторга РФ



ТОМСКИЙ ИНСТРУМЕНТ



Российский производитель высококачественного режущего инструмента для обработки металлов и перспективных материалов

«МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2023»: стенд 21E20, павильон № 2, зал № 1

- Российский производитель высококачественного режущего инструмента и надежный партнёр в инструментальном обеспечении производства более 3000 предприятий
- Широкая номенклатура стандартных позиций для обработки труднообрабатываемых титановых и жаропрочных сплавов, нержавеющей и высоколегированных сталей, легких сплавов
- Комплексное решение по проектированию и производству специализированного режущего инструмента по заданию заказчика
- Квалифицированная помощь при подборе инструмента для решения задачи заказчика
- Восстановление цельнотвердосплавного инструмента и нанесение износостойких покрытий методом PVD



ПЕРСПЕКТИВНО. НАДЕЖНО. ТОЧНО.

РАЗРАБАТЫВАЕМ. ИЗГОТАВЛИВАЕМ. ИМПОРТОЗАМЕЩАЕМ.

Конструирование, производство и сбыт металлорежущего инструмента для всех отраслей промышленности:

- **Инструмент из быстрорежущей стали**
Сверла центровочные и спиральные, метчики, фрезы, развертки, зенковки, зенкера, товары народного потребления, спец. инструмент
- **Цельный твердосплавный инструмент**
Фрезы, сверла, развертки, зенковки, зенкера, спец. инструмент
- **Инструмент со сменными многогранными пластинами**
Сверла, торцовые и концевые фрезы, дисковые фрезы

ООО "Томский инструментальный завод"

Россия, 634526, г. Томск, д. Лоскутово, ул. Советская, д.1/2. Тел.(382-2) 944-010. E-mail: office@tiz.ru
Филиалы: Москва (499) 369-27-36, 369-27-53; Омск (381-2) 466-385. <http://tiz.ru>, <http://tiz.pф>

Ножницы гильотинные электромеханические

Ждем Вас на выставке **МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2023**

с 22 по 26 мая

Москва, «Экспоцентр», павильон 2, зал 1, стенд 21D80



НГМ-6.3 НГМ-13



Для резки листового и профильного металлопроката
Ширина реза до 2000 мм
Толщина реза от 0,5 мм до 6,3 мм и до 13 мм
Не требуют подключения к гидравлике или пневматике

Высокое качество и безотказность в работе
Гарантийное и постгарантийное обслуживание

КОМПАКТНАЯ СИСТЕМА РУЧНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ И ОЧИСТКИ LightWELD 1500 XC



Ширина шва в режиме Wobble
до 5 мм

Мощность лазера
до 1500 Вт

Пиковая мощность
до 2500 Вт

Вес
53 кг

Охлаждение
Воздушное

Размеры
641 x 316 x 534 мм



**ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ МАТЕРИАЛОВ И ТОЛЩИН**



Свариваемые материалы

Металл	Толщина (односторонняя сварка)	Толщина (двухсторонняя сварка)
Нерж. стали	До 4 мм	До 10 мм
Оцинкованная сталь	До 4 мм	До 10 мм
Низкоуглерод. стали	До 4 мм	До 10 мм
Алюминиевые сплавы	До 4 мм	До 10 мм
Медь	До 1 мм	До 2 мм

Система ручной лазерной сварки LightWELD XC, дополняет возможности серии LightWELD функцией очистки для быстрого и легкого удаления ржавчины, следов масел, покрытий перед сваркой, окалины, цветов побежалости после сварки. Система позволяет обеспечивать исключительные эстетические качества шва, без потери времени и затрат на абразивы или химикаты.

Подробнее обо всех новинках Вы можете узнать у наших консультантов по e-mail и телефону:

+7 (495) 477-73-77; lightweld.online@ntoire-polus.ru

www.lightweld-xc.ru



СОДЕРЖАНИЕ

- 5**
Специальные антикризисные услуги ЯрТПП/ Special anti-crisis services of the Yaroslavl Chamber of Commerce and Industry
- 14**
НПЦ «Лазеры и аппаратура»: 25 лет развиваем новые возможности / Research & Production Center «Lasers and Equipment»: 25 years of continuous development
- 20**
Станкоинструментальная отрасль: итоги 2022 года / Machine tool industry: results of 2022
- 30**
Тенденции на российском рынке оборудования / Trends in the Russian equipment market
- 36**
Экспертные решения по бюджетному оснащению производства / Expert solutions for low budget production equipment
- 37**
Электронное управление оснасткой в металлообработке / Electronic tooling control in metalworking
- 37**
Шлифование с высокой точностью / High precision grinding
- 40**
Автоматизация – главный вектор роста производительности / Automation is the main vector of productivity growth
- 41**
Установи СНЭ! Предотврати поломку станка / Install ESS (Electric energy storage system)! Prevent machine breakdown
- 42**
Реновация машин газовой резки установок непрерывной разливки стали / Renovation of gas cutting machines of continuous casting plants
- 47**
Самый перспективный путь создания литейных форм для производства металлических отливок. Опыт компании Robotec / The most promising way to create molds for the production of metal castings. Robotec's experience
- 48**
Металлическая аддитивная установка HBD 350T – флагман рынка РФ во времена санкционной политики / Metal 3D additive printer HBD 350T – the flagship of the Russian market during the sanctions policy
- 50**
Рынок аддитивных технологий в России – взгляд одного из участников / The market of additive technologies in Russia – the view of one of the participants
- 52**
Совместное производство деталей методом 3D-печати в ПАО «ОДК «Сатурн» и ООО «Гранком» / Joint production of parts by 3D-printing in PJSC «UEC-Saturn» and LLC «Grankom»
- 54**
Применение технологии селективного лазерного плавления для изготовления деталей РКТ, получаемых методом штамповки / Selective laser melting technology for production of space rocket parts obtained by stamping
- 57**
Аддитивные технологии для развития промышленности / Additive technologies for industrial development
- 67**
Условия повышения цифровой зрелости современных предприятий обрабатывающей отрасли / Conditions for increasing the Digital Maturity of modern manufacturing enterprises
- 70**
Выбор многофункционального токарно-фрезерного станка / Choosing a multifunctional turning and milling machine
- 76**
Тенденции развития процессов электроэрозионного фрезерования / Trends in the development of EDM processes
- 84**
Лазерные технологии в обработке материалов давлением / Laser technologies in mechanical working by pressure

Издатель ООО «ПРОМЕДИА»
директор О. Фалина
главный редактор М. Копытина
выпускающий редактор Т. Карпова
дизайн-верстка С. Куликова
руководитель проектов Э. Сацкая

Отдел рекламы:
Е. Пуртова, Е. Ерошкина

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

**АДРЕС: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская,
д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1, т/ф (499) 55-9999-8 (многоканальный)
e-mail: ritm@gardesmash.com
https://www.ritm-magazine.com/ru**

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-63556.

(До 09.2015 журнал «РИТМ»)

Тираж 10 000 экз.

Распространяется бесплатно на выставках и конференциях.

Перепечатка опубликованных материалов разрешается только

при согласовании с редакцией. Все права защищены ®

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в рекламных материалах и оставляет за собой право на редакторскую правку текстов. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

ОАО «СКБ ИС»
Специальное конструкторское бюро
измерительных систем



СДЕЛАНО В РОССИИ

Преобразователи линейных перемещений

Преобразователи угловых перемещений

Устройства индикации

Системы управления

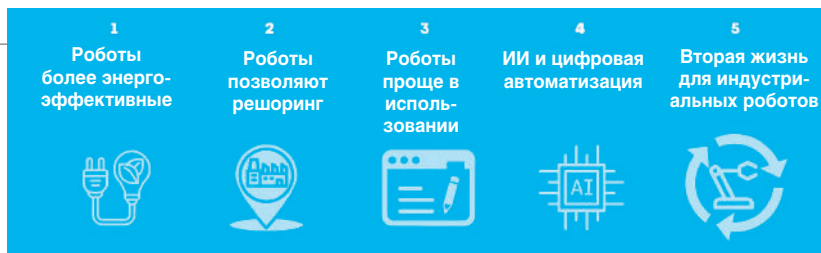
Приглашаем посетить наш стенд
на выставке "Металлообработка-2023"
Павильон 2, зал 1, место 21F55

www.skbis.ru

+7(812)334-17-72

lir@skbis.ru

Топ-5 трендов робототехники 2023 года



Международная федерация робототехники сообщает, что запасы действующих роботов по всему миру достигли нового рекорда — около 3,5 млн единиц, стоимость установок достигла 15,7 млрд долларов США. Международная федерация робототехники анализирует пять основных тенденций, формирующих робототехнику и автоматизацию в 2023 году.

1. Энергоэффективность

Внедрение робототехники помогает во многих отношениях снизить потребление энергии в производстве. По сравнению с традиционными сборочными линиями можно добиться значительной экономии за счет снижения нагрева. В то же время роботы работают на высокой скорости, что увеличивает производительность и делает производство более эффективным с точки зрения времени и энергии.

Современные роботы спроектированы так, чтобы потреблять меньше энергии, что приводит к снижению эксплуатационных расходов. Для достижения целей устойчивого развития в своем производстве компании используют промышленные роботы, оснащенные энергосберегающими технологиями: например, средства управления роботами способны преобразовывать кинетическую энергию в электричество и возвращать ее в электросеть. Еще одной особенностью является интеллектуальный режим энергосбережения, который управляет подачей энергии робота по требованию в течение рабочего дня. Поскольку промышленным объектам уже сегодня необходимо контролировать свое энергопотребление, такие подключенные датчики мощности, вероятно, станут отраслевым стандартом для роботизированных решений.

2. Решоринг

Устойчивость стала важной движущей силой для решоринга (возврата производства и товаров в страну происхождения — *ред.*) в различных отраслях. Производители автомобилей, например, вкладывают значительные средства в короткие линии поставок, чтобы приблизить процессы к своим клиентам. В случае производства мощных аккумуляторов для поддержки проектов производства электромобилей эти инвестиции делают отгрузку тяжелых батарей излишней. И это особенно важно, так как все больше и больше логистических компаний отказываются от отправки аккумуляторов из соображений безопасности.

Перенос производства микросхипов обратно в США и Европу — еще одна тенденция к решорингу. Поскольку в настоящее время для работы большинства промышленных продуктов требуется полупроводниковый чип, их поставка вплотную к покупателю имеет решающее значение. Роботы играют жизненно важную роль в производстве микросхем, поскольку они соответствуют экстремальным требованиям точности. Специально разработанные роботы автоматизируют производство кремниевых пластин, берут на себя задачи по очистке или тестируют интегральные схемы. Недавними примерами передислокации являются новые заводы по производству микросхем Intel в Огайо или недавно анонсированный завод по производству микросхем в регионе Саар в Германии, управляемый производителем микросхем Wolfspeed и поставщиком автомобилей ZF.

3. Роботы проще в использовании

Программирование роботов стало проще и доступнее для неспециалистов.

Простое в использовании программное обеспечение в сочетании с интуитивно понятным пользовательским интерфейсом заменяет обширное программирование робототехники и открывает новые возможности автоматизации. Например, традиционный тяжелый промышленный робот может быть оснащен датчиками и новым программным обеспечением, позволяющим осуществлять совместную настройку. Это позволяет рабочим легко приспосабливать тяжелую технику к различным задачам. Таким образом, компании получают лучшее из обоих миров: надежное и точное аппаратное обеспечение промышленных роботов и самое современное программное обеспечение для роботов.

4. Искусственный интеллект (ИИ) и цифровая автоматизация

Благодаря достижениям в области цифровых технологий поставщики роботов и системные интеграторы предлагают новые приложения и улучшают существующие с точки зрения скорости и качества. Подключенные роботы трансформируют производство. Они все чаще будут работать как часть цифровой экосистемы.

Искусственный интеллект (ИИ) обладает большим потенциалом для робототехники. Основная цель использования ИИ в робототехнике — лучше управлять изменчивостью и непредсказуемостью внешней среды как в режиме реального времени, так и в автономном режиме. Это заставляет искусственный интеллект, поддерживающий машинное обучение, играть все более важную роль в предложениях программного обеспечения, где работающие системы выигрывают, например, за счет оптимизированных процессов, профилактического обслуживания или захвата на основе технического зрения.

Чем больше изменчивость и непредсказуемость среды, тем больше вероятность того, что алгоритмы ИИ обеспечат экономичное и быстрое решение, например, для производителей или оптовиков, имеющих дело с миллионами различных продуктов, которые регулярно меняются. ИИ также полезен в средах, в которых мобильным роботам необходимо различать объекты или людей, с которыми они сталкиваются, и реагировать по-разному.

5. Вторая жизнь промышленных роботов

Поскольку срок службы промышленного робота составляет до тридцати лет, новое техническое оборудование — отличная возможность подарить старым роботам «вторую жизнь». Производители промышленных роботов, такие как ABB, Fanuc, KUKA, Stäubli или Yaskawa, имеют специализированные ремонтные центры недалеко от своих клиентов, чтобы отремонтировать или модернизировать бывшие в употреблении устройства с эффективным использованием ресурсов. Эта стратегия подготовки к ремонту для производителей роботов и их клиентов также позволяет экономить средства и ресурсы. Предложение клиентам долгосрочного ремонта является важным вкладом в экологию замкнутого цикла.

<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-5-robot-trends-2023>

СПЕЦИАЛЬНЫЕ АНТИКРИЗИСНЫЕ УСЛУГИ ЯРТПП

На основании закона о ТПП РФ № 5340-1 от 07 июля 1993 года, ЯрТПП наделена правом на осуществление:

1. Свидетельствований обстоятельств непреодолимой силы по договорам, заключённым в рамках внутрироссийской экономической деятельности, о чём выдаётся заключение об обстоятельствах непреодолимой силы (на основании положения статьи 401 ГК РФ).

Обстоятельства непреодолимой силы — чрезвычайные, непредотвратимые обстоятельства, возникшие в течение реализации договорных обязательств, которые нельзя было разумно ожидать при заключении договора либо избежать или преодолеть в ходе его исполнения, а также находящиеся вне контроля сторон такого договора.

2. Свидетельствований обстоятельств, влияющих на исполнение обязательств по договору (контракту), о чём выдаётся заключение о существенном изменении обстоятельств (статья 451 ГК РФ).

Основанием для изменения условий договора в порядке статьи 451 ГК РФ является, в частности, существенное изменение обстоятельств, из которых стороны исходили при его заключении, если иное им не предусмотрено или не вытекает из его существа. То есть обстоятельства изменились настолько, что если бы стороны

могли это разумно предвидеть, они вообще не заключали бы договор (или заключили бы его на значительно отличающихся условиях). Стоит обратить особое внимание, что изменение условий договора по данному основанию не является обязанностью сторон.

3. Проведения альтернативной процедуры урегулирования споров с участием специалистов Коллегии медиаторов при ЯрТПП, объединяющей профессиональных медиаторов Ярославской области, прошедших подготовку по программе, утвержденной Министерством образования РФ. Медиация позволяет предпринимателям разрешать спорные вопросы на досудебной стадии, стадии судебного разбирательства и исполнительного производства.

Более подробную информацию вы можете получить в ЯрТПП.



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА
ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ



Антон Сергеевич Мокрецов,
руководитель юридического направления,
тел.: (4852) 21-62-61,
эл.почта: org@yartpp.ru
yartpp.ru



ТОРГОВО -
ПРОМЫШЛЕННАЯ
ПАЛАТА
ЯРОСЛАВСКОЙ
ОБЛАСТИ



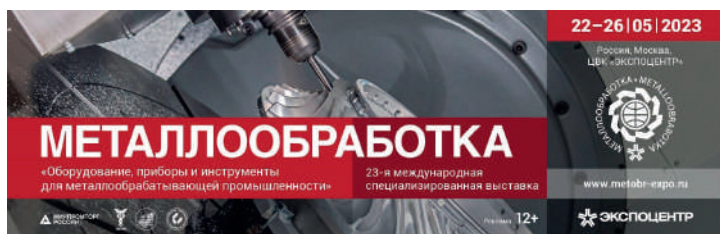
ЭКСПЕРТИЗА ОБОРУДОВАНИЯ

в том числе таможенная и судебная:

- ✓ соответствие требованиям ТЗ/спецификации договора/контракта;
- ✓ соответствие требованиям технической документации при повреждении в результате транспортировки/монтажа;
- ✓ установление причин выхода из строя механических и электрических частей/блоков/комплектующих в процессе эксплуатации/пусконаладочных работ;
- ✓ установление улучшающих характеристик (в т.ч. в рамках 44 и 223-ФЗ);
- ✓ измерение поверенным инструментом соответствия параметров/размеров заданным параметрам/размерам п/ф и готовой продукции;
- ✓ установление соответствия техническому заданию проведенного ремонта.

тел.: (4852) 28-06-69
e-mail: kiselev@yartpp.ru

Торгово-промышленная палата Ярославской области аккредитована по системе «ТПП ЭКСПЕРТ» ТПП РФ и сертифицирована по системе ISO 9001:2015. Эксперты аттестованы по системе «ТПП ЭКСПЕРТ», внесены в реестр ТПП России.



Совсем скоро вы сможете посетить ключевое мероприятие отрасли 2023 года, чтобы найти новых деловых партнеров и поставщиков, ознакомиться с новинками от ведущих производителей, узнать о возможностях закупки инновационных решений.

Все дни работы выставки будут сопровождаться мероприятиями деловой программы, где вы сможете ознакомиться с мнениями экспертов, представителей бизнеса, науки и профильных министерств.

Темы деловых мероприятий:

- аддитивные технологии;
- промышленная роботизация;
- кадровая политика отрасли;
- инновации и лучшие практики отрасли;
- импортозамещение;
- модернизация производств;
- меры государственной поддержки;
- целесообразность ремонта оборудования;
- развитие межгосударственной кооперации.



Среди партнеров деловой программы:

Минпромторг России, ТПП РФ, ЦУПП, Ассоциация РАТ, АЦИМ, НАУРР, «Станки-Экспо», ГК «Финвал», «М-ТЭК», «Эр Пи Ай» и многие другие.



Ждем всех профессионалов станкоинструментальной промышленности на крупнейшем отраслевом событии — выставке «Металлообработка-2023»!

Господдержка промышленности

Постановление от 6 марта 2023 года № 348

Организации, участвующие в госзакупках, смогут получать в 2023 году в качестве аванса до 50% от цены контракта. Решение распространяется на госконтракты, финансируемые из федерального бюджета и подлежащие казначейскому сопровождению. Регионам рекомендовано применять аналогичные положения для контрактов, финансируемых из их бюджетов.

Практику повышенного авансирования госконтрактов правительство использовало в 2022 году для повышения устойчивости российской экономики в условиях внешнего санкционного давления. Эта мера доказала свою эффективность, дав бизнесу возможность быстрее адаптироваться к новым условиям работы.

Подписанным документом внесены изменения в постановление правительства 9 декабря 2017 года № 1496.

Постановление от 7 февраля 2023 года № 171

Правительство продолжает поддерживать ответственных предпринимателей в выстраивании логистических маршрутов. Максимальный размер компенсационной выплаты, которую могут получить производители и поставщики промышленной продукции на её транспортировку, увеличен с 300 млн до 500 млн рублей.

Подписанным документом внесены изменения в постановление правительства от 28 июля 2022 года № 1347.

Распоряжение от 27 марта 2023 года № 716-р

Свыше 1 млрд рублей будет направлено на поддержку программы промышленной ипотеки — предоставления льготных кредитов предприятиям на покупку недвижимости для промышленного производства.

Программа промышленной ипотеки была запущена правительством по поручению президента в сентябре 2022 года и вызвала большой интерес со стороны бизнеса. Кредиты в рамках программы выдаются на срок до семи лет по льготной ставке 5% годовых. Для инновационных технологических компаний ставка ещё ниже — 3% годовых. Максимальная сумма кредита составляет 500 млн рублей. Разницу между льготной и рыночной ставками банкам компенсирует государство. С учётом выделенных распоряжением средств общий объём субсидирования программы в 2023 году превысит 1,3 млрд рублей.

Постановление от 3 апреля 2023 года № 526

По поручению президента принято решение расширить параметры программы промышленной ипотеки. Теперь получить льготный кредит можно будет не только на покупку недвижимости для промышленного производства, но и на строительство, модернизацию и реконструкцию таких объектов. При этом для строящихся, модернизируемых и реконструируемых объектов установлен норматив стоимости 1 кв. м — не более 90 тыс. рублей. Для приобретаемой недвижимости — не более 75 тыс. рублей в Москве, Московской области и Санкт-Петербурге и не более 50 тыс. рублей — в других регионах.

<http://government.ru>

22-26 | 05 | 2023

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



23-я международная
специализированная
выставка

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

«Оборудование,
приборы и инструменты
для металлообрабатывающей
промышленности»



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



www.metobr-expo.ru

12+ Реклама

ЭКСПОЦЕНТР

Установили рекорд

Компания «ЛЛС» является постоянным участником выставки «Фотоника», по традиции размещая экспозицию на одном из центральных стендов в павильоне «Форум».

И в этом году был установлен рекорд для данной выставки — от компании в рамках деловой программы было представлено более 15 докладов, а стенды «ЛЛС» за 4 дня привлекли внимание более 1000 человек!

Среди тем, представленных на конференциях: возможности китайско-российского сотрудничества в области фотоники, запись оптических волноводов в фототермо-рефрактивном стекле с помощью фемтосекундного лазерного излучения, оборудование для скальвания и сварки нестандартных волокон, широкоформатные 5-осевые станки лазерной резки для судостроения, возможности оборудования NordLase в микрообработке и др.

На стенде «ЛЛС» демонстрировались: оптомеханика от Daeil Systems и Unice, спектрометры R-Aero и OtO Photonics, лазеры от BWT Beijing, оборудование для квантовых технологий, оборудование для обработки оптических волокон от Shinho и Arden Photonics, контрольно-измерительное оборудование от ETSC, компоненты для ВОЛС и радиофотоники, оборудование для лазерной обработки материалов.

Совместно со специалистами «ЛЛС» работали партнеры-производители из компаний SHINHO, CSRayzer и HGTECH, консультируя посетителей по выпускаемому оборудованию.

В специальной зоне, посвященной лазерной обработке материалов, под руководством инженера можно было поработать с ручной лазерной сваркой на аппарате LightWELD 1500 от IPG Photonics.



На втором стенде были представлены разработки российского производителя NordLase: обновленная модель пикосекундного лазера IGUL, высокоомощный иттербиевый волоконный лазер, тулиевый лазер, источник ультракоротких лазерных импульсов, серия драйверов лазерных диодов, лазерные диодные модули, лазерный технологический стенд.

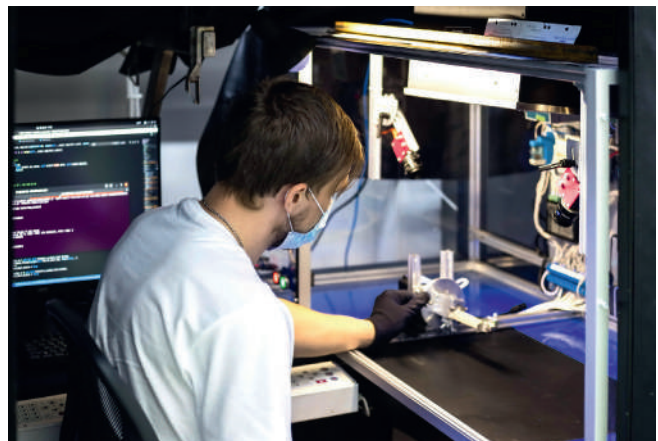
NordLase — инженерно-производственная компания, основным направлением деятельности которой является производство и поставка широкого спектра высокопроизводительных волоконных и других видов лазеров. АО «ЛЛС» является дистрибьютором и представляет весь спектр продукции NordLase на территории РФ и стран СНГ.

<https://lenlasers.ru/>

Высокоэффективный контроль

Объединенная двигателестроительная корпорация «Ростеха» внедрила новый способ люминесцентного контроля качества деталей авиационных двигателей с применением машинного зрения и нейросетевых технологий. Инновация рыбинского предприятия «ОДК-Сатурн» также позволила автоматизировать процесс оценки качества лопаток силовых установок и включает в себя использование передовых алгоритмов обработки изображений.

Новый способ обеспечивает съемку всех поверхностей детали, поиск дефектов (трещины, корольки, спаи и др.), расчет их геометрических характеристик, классификацию и определение годности изделия согласно нормативной документации. Применение этого метода контроля в технологическом производственном процессе повышает точность и достоверность получаемых результатов. Дополнительным эффектом от применения данного способа является формирование цифрового следа изготавливаемой продукции, который позволит проводить ретроспективную аналитику производственного процесса с целью его оптимизации.

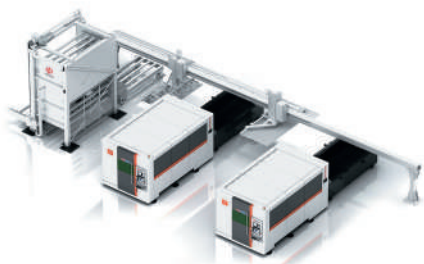


За эту разработку «ОДК-Сатурн» отмечено золотой медалью Международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед-2023».

<http://uec-saturn.ru/>

10–20 кВт станки лазерной резки MARVEL PRO от HGTECH

State-of-art-решение лазерной резки сверхвысокой мощности с автозагрузкой и складом!



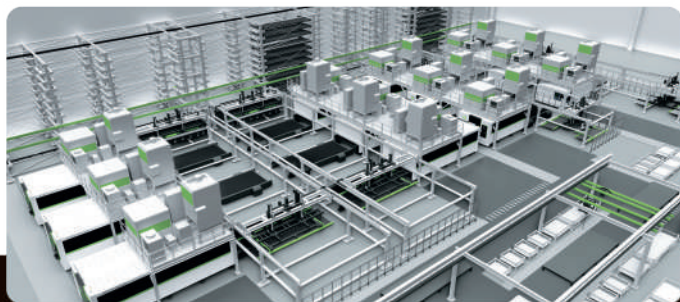
Автоматизированная загрузка/выгрузка

Система управления автоматически подбирает листовой металл со склада, загружает лист в станок и делает раскрой по программе.



Автоматизированная система хранения

Складская система хранения металлических листов обеспечивает рациональное хранение материалов.



Пример реализации

АО «ЛЛС» — официальный дистрибьютор компании **HGTECH** на территории РФ и стран СНГ — предлагает наиболее выгодные условия поставки продукции и полную техническую поддержку.



Лазерная обработка материалов:
оборудование,
технологии,
производство

- Модель лазера: Raucus (KHP)/IPG(РФ), 10–20 кВт
- Скорость перемещения: до 240 м/мин
- Максимальное ускорение: до 4.0 G
- Совместимость с файлами TRUMPF, Bystronic, AMADA и др.
- Автоматическое выравнивание микроподвижек и калибровка



HGTECH (*Kumai*) — ведущий производитель лазерного оборудования для обработки материалов. В ключевую линейку продукции входят станки лазерной резки, системы лазерной сварки, маркировки.

Санкт-Петербург

8 (812) 5078100

info@lls-mark.ru

lls-mark.ru



НАУРР

Национальная Ассоциация
Участников Рынка Робототехники



ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТИЗАЦИЯ» 23 МАЯ 2023 ГОДА

г. Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон «Форум», зал «Мраморный»

Конференция проходит в рамках деловой программы международной специализированной выставки
МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2023.

К вниманию слушателей программа из двух частей, в которых будут раскрыты аспекты роботизации с разных сторон – государственная повестка, программы поддержки и анализ рынка; ключевые кейсы и возможности металлообрабатывающей отрасли от ведущих производителей и интеграторов робототехнических решений.

Конференция зарекомендовала себя как знаковое мероприятие по роботизации в металлообрабатывающей отрасли и место встречи ведущих специалистов в этих направлениях. В конференции участвуют представители организаций и ведомств федерального уровня, фондов и государственных институтов поддержки, представители производителей и интеграторов роботов, собственники и менеджеры высшего и среднего звена из крупного, среднего и малого бизнеса.

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ПАРТНЕР
КОНФЕРЕНЦИИ



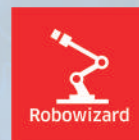
РУСАТОМ СЕРВИС
РОСАТОМ

ПАРТНЕРЫ
КОНФЕРЕНЦИИ

РОБГОПРО



ГЛЕБ
МИКЛАШЕВСКИЙ



ПОДРОБНЕЕ
О МЕРОПРИЯТИИ



Дата и время проведения: 23 мая 2023, 11:00 – 16:00,
начало регистрации в 10:30.

По всем орг.вопросам:

Екатерина Дёмкина kd@robotunion.ru, +7 985 296 3300.

ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛ
НАУРР



Итоги конкурса

На выставке «Фотоника» Лазерная ассоциация подвела итоги конкурса на лучшие разработки 2023 года в области лазерной техники и оптоэлектроники, устройств, оборудования и технологий на их основе.

В номинации «**Источники лазерного излучения и их компоненты, устройства управления лазерным лучом и его транспортировки**» (конкурс имени М.Ф. Стельмаха) награждены дипломами:

I степени — Акустооптический затвор для лазеров диапазона 2–3 мкм, *ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС*.

II степени — Дисперсионная линия задержки для фемтосекундного регенеративного усилителя, *НИТУ МИСИС*.

II степени — Разработка и освоение в серийном производстве одночастотного лазера с распределенной обратной связью мощностью излучения более 50 мВт, *АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха»*.

III степени — Одномодовый узкополосный волоконный усилитель мощностью 1 кВт, *ООО «Нордлэйз»*.

III степени — Пикосекундный волоконный лазер инфракрасного/ зеленого/ ультрафиолетового диапазона, *ООО «Нордлэйз»* (рис. 1).

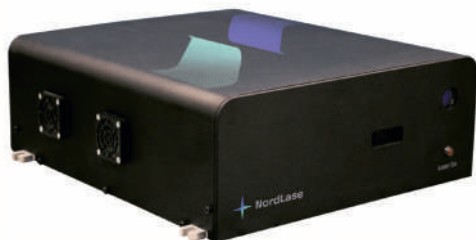


Рис. 1. Пикосекундный волоконный лазер IGUL

III степени — Линейка иттербиевых одномодовых волоконных лазеров мощностью до 1 кВт, *ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина»*.

В номинации «**Лазерные технологии в промышленности и энергетике**» награждены дипломами:

I степени — Технология многопроходной лазерной сварки неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб с щелевым способом разделки свариваемых кромок, *ООО «НПК «УТС ИНТЕГРАЦИЯ»*.

II степени — turboforma — уникальный лазерный комплекс для создания объемных изделий из металла по технологии лазерно-эрозионной обработки (LaserBarking), *ООО «Лазерный Центр»* (рис. 2).

Рис. 2. Лазерный комплекс turboforma



<http://www.cislaser.com>

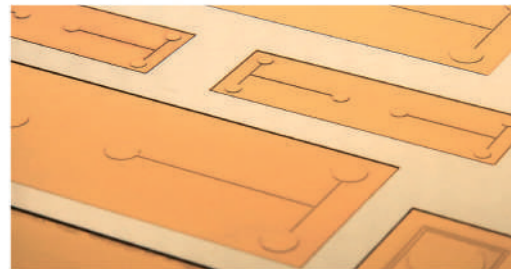
www.ritm-magazine.ru

turboforma

Система лазерной эрозионной обработки

Уникальный лазерный комплекс для создания объемных изделий из металла по технологии лазерной эрозионной обработки

LaserBarking®



 **ЛАЗЕРНЫЙ ЦЕНТР**

тел.: (812) 240-5060

www.newlaser.ru

info@newlaser.ru



Россия входит в новый этап технологического развития

Выступая 24 апреля на заседании Совета по вопросам интеллектуальной собственности, первый заместитель председателя правительства Андрей Белоусов заявил, что Россия в настоящий момент входит в качественно новый этап технологического развития, связанный с достижением технологического суверенитета страны. Для этого необходимо соблюсти два условия. Во-первых, достичь высокой инновационной активности бизнеса. Во-вторых, обеспечить наличие производственных возможностей, включая опережающее развёртывание производственных систем и выстраивание кооперационных цепочек для выпуска конкурентоспособной продукции.

По поручению правительства уже разработана модель целевых показателей достижения технологического суверенитета, увязанная с макроэкономическим прогнозом до 2030 года. Определены показатели, которые предстоит достичь к концу текущего десятилетия: снизить коэффициент технологической зависимости в 2,5 раза; повысить уровень инновационной активности в 2,3 раза; увеличить патентную активность в 3 раза; увеличить темп роста объёма инновационных товаров в 1,9 раза.

Решение указанных задач в середине апреля детально обсуждалось в правительстве на Стратегической сессии по достижению технологического суверенитета. Определены ключевые идеи, которые необходимо реализовать в ближайшее время.

Первое. Необходимо установить сквозные технологические приоритеты. Это конкретные перечни критических и сквозных технологий, на развитие которых будут направляться ресурсы в условиях ограничений. Речь идёт о приоритизации научно-технических программ и фокусировке мер поддержки инновационных и промышленных проектов.

Второе. Необходимо сфокусировать меры поддержки на собственных линиях разработки. По сути, пересмотреть критерии локальности или, как часто говорят, «российскости» продукции. Определить, в какой степени необходимо

иметь контроль над интеллектуальными правами, средствами производства, ключевыми комплектующими и узлами, кадрами и компетенциями.

Третье. Нужно создать и развивать новые организационные формы реализации технологической политики. Речь, в частности, идёт об исследовательских консорциумах и технологических холдингах, которые, по сути, представляют собой новое поколение научно-производственных объединений. Это формы, объединяющие R&D, производство и образование.

Четвёртое. Необходимо обеспечить ускоренное развитие инфраструктуры для опытных конструкторских работ и опытного производства. Это испытательные полигоны, технологические биржи, демозоны промышленного освоения НИОКР, центры трансфера технологий. Нужно также возродить институт квалифицированного заказчика — это институт главных конструкторов и главных технологов — на основе развития передовых инженерных школ и, конечно, обеспечить подготовку кадров по защите и управлению правами на результаты интеллектуальной деятельности.

Пятое. Необходимо обеспечить снятие системных регуляторных ограничений. Здесь главное — внедрить «право на риск» при инвестициях в инновационные проекты. Иными словами, на практике снять риски административного и уголовного преследования добросовестных инвесторов при недостижении целей исследований и разработок, что происходит достаточно часто. Далее — создать инструменты для роста рыночной ликвидности прав на результаты интеллектуальной деятельности, а также создать институт кредитования под залог интеллектуальной собственности. Это необходимо для того, чтобы технологические инновации реально стали фактором роста капитализации компаний. И наконец, принципиально усилить налоговые льготы для коммерциализации R&D и ускорения оборота объектов интеллектуальной собственности.

<http://government.ru>

Новая стратегия

Уже в самое ближайшее время Правительством РФ будет утверждена концепция технологического развития России до 2030 года. Об этом сообщил, выступая 4 мая на стратегической сессии по развитию промышленности, председатель правительства Михаил Мишустин.

Планы предусматривают запуск в течение ближайших двух лет индустриальных мегапроектов в целом ряде отраслей, прежде всего в обрабатывающей промышленности, чтобы обеспечить формирование заказа на разработку и внедрение критических технологий.

Правительство в 2022 году уже перезапустило широкий набор инструментов поддержки, чтобы не допустить значительного падения производства. По поручению Президента РФ сейчас принимаются дополнительные меры, которые помогут значительно увеличить объёмы привлекаемых частных средств в проекты по выпуску приоритетной промышленной продукции. Всего размер вложений за восемь лет должен составить не менее 10 трлн рублей, включая 2 трлн и более — уже в текущем. Специально для этого в конце марта запустили механизм кластерной инвестиционной платформы. Он предусматривает предоставление

долгосрочных кредитов по льготной ставке. За прошедший месяц было одобрено уже восемь проектов общей стоимостью около 220 млрд рублей. Ещё свыше 40 — находятся на рассмотрении. Их объём оценивается в 1,3 трлн рублей. Буквально на днях Правительство продлило программу предоставления государственных гарантий на поддержку промышленности, увеличив объём средств на такие цели на треть. С апреля было расширено действие программы промышленной ипотеки — на строительство, модернизацию и реконструкцию заводских помещений.

Новым важным решением стал перезапуск федерального проекта по развитию станкоинструментальной отрасли, наращиванию её производственного потенциала. Его цель — наладить собственный выпуск всего необходимого оборудования, инструментов и комплектующих, не уступающих мировым образцам. При этом для точной и объективной оценки уровня технологического суверенитета будет впервые применена методика расчёта соответствующих показателей. Такой подход в дальнейшем может быть распространён и на другие отрасли промышленности.

<http://government.ru>



- Собственная торговая марка CNCINS
- Инженерно-технический подход к производству
- Собственный склад инструмента
- Идеальное соотношение цена-качество

CNCINS[®]
Инструмент и оснастка для станков с ЧПУ

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОСНАСТКА, СТАНКИ



<https://cncins.ru/>  <https://t.me/cncins>

Телефон: 8 (800) 550-21-96; +7 (343) 385-77-04
Адрес: г. Екатеринбург, ул. Благодатская, д. 76
Эл. почта: info@cncins.ru

НПЦ «ЛАЗЕРЫ И АППАРАТУРА»: 25 ЛЕТ РАЗВИВАЕМ НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

В 2023 году зеленоградский научно-производственный центр «Лазеры и аппаратура ТМ» отмечает 25 лет своей работы. История создания центра и развития компании от небольшого коллектива в несколько человек до группы профильных предприятий, занимающих лидирующие позиции среди отечественных производителей специального технологического оборудования, непосредственно связана с историей становления лазерной промышленности и инновационного бизнеса в России, с перспективами воссоздания в нашей стране передовой станкостроительной индустрии.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ КОМПАНИИ

В 60-80 годы прошлого столетия СССР вместе с США были лидерами в области лазерных технологий, опережая большинство развитых стран по количеству производимых лазерных станков и широте сектора осваиваемых технологических направлений. В середине 80-х годов в промышленности СССР работало 20 тысяч лазерных станков — почти в два раза больше, чем в промышленности США, тогдашней «Мекке лазерных технологий», по выражению Бертольда Лебингера — создателя компании Trumpf. Производством лазерного оборудования занималось несколько заводов, вся компонентная база для него также производилась в Советском Союзе. Однако к середине 90-х годов вследствие политического и экономического кризиса практически все заводы, выпускавшие лазерные станки, прекратили свое существование. Высококласные специалисты оказались невостребованы на родине, многие уехали за рубеж и внесли большой вклад в становление американских, европейских, японских и китайских компаний. Интерес к российским лазерным технологиям проявляли в основном иностранцы. Когда в конце 90-х годов российские фирмы начали заключать контракты на продажу лицензий и технологий в Китай со строительством там заводов под ключ и установкой российского оборудования, выяснилось, что для производства лазерных станков нужно искать новых исполнителей. После приватизации промышленных предприятий новые собственники сворачивали лазерное направление как неприбыльное. В то же время начался этап образования новых малых предприятий, которые вышли в «свободное плавание» без государственной поддержки. Многие из них были организованы ведущими специалистами на свой страх и риск.

Одно из таких предприятий, научно-производственный центр «Лазеры и аппаратура ТМ», было создано Леонидом Григорьевичем Сапрыкиным и Михаилом Николаевичем Миленьким — выходцами из НИИ «Зенит», которые начали формировать новую команду по разработке и производству лазерных систем. Все этапы этой работы были им знакомы, так как оба прошли путь от рядовых инженеров — молодых специалистов до руководителей ведущих подразделений.

Кандидат технических наук Л.Г. Сапрыкин начал работать в НИИ «Зенит» после окончания физического факультета МГУ. В 70-80 годы он принимал непосредственное участие в создании отечественной элементной базы квантовой электроники и систем специального назначения в качестве ведущего и главного конструктора, начальника лаборатории. С конца 80-х годов Леонид Григорьевич возглавлял лазерное направление «Зенита» в должности начальника отдела. В рамках отдела, несмотря на обрушение внутреннего рынка в первой половине 90-х годов, были разработаны, освоены в производстве и поставлялись на основе эрбиевых твердотельных лазеров (перфораторы для забора крови, косметологические установки). По заказу одной из фирм США был разработан и поставлен заказчику ряд устройств, основанных на перестраиваемых лазерах на основе красителей в твердой матрице и не имеющих на тот момент аналогов. На основе этих лазеров изготавливались и опытные образцы терапевтических установок для медицинских учреждений, поставлялись твердотельные лазеры для технологических установок.

М.Н. Миленький пришел в лазерную индустрию в начале 80-х годов после окончания факультета физической и квантовой электроники МФТИ. В 90-е годы он руководил входящей в состав лазерного отдела лабораторией лазерных лидарных систем. При его непосредственном участии и руководстве были разработаны и испытаны системы лазерного контроля аэрозольной и газовой обстановки (дистанционная локация и картирование выбросов с наземных и воздушных объектов), лазерной регистрации высоты облачности и фактической наклонной видимости по глассаде посадки самолетов в сложных метеоусловиях. Он разрабатывал первые компьютеризированные системы автоматического управления такими комплексами, выполнял на ЭВМ расчеты и моделирование требований к их параметрам и исследование алгоритмов решения целевых задач лазерного зондирования. Участвовал в испытаниях стационарных и подвижных систем на полигонах и различных ГРЭС.

Одной из первых работ новой команды был контракт на разработку и внедрение твердотельной лазерно-оптической системы для роботизированного комплекса, работающе-

го на производстве пятидверных автомобилей «Нива» Волжского автомобильного завода. Но окончательный выбор лазерных промышленных технологий как основного направления деятельности фирмы был сделан после получения заказа на поставку станков в Китай. Заказчиком оборудования выступало ЗАО «Электронсервис» — головной исполнитель запуска заводов по производству микроэлектроники и систем дальней радиосвязи. По условиям заказа требовалось восстановить и слегка доработать старые советские станки, которые в избытке простаивали на складах закрывающихся предприятий, но Сапрыкин и Миленький приняли другое решение — сделать ставку на разработку и производство нового поколения российского лазерного технологического оборудования. К такому решению подтолкнуло то, что за рубежом в это время уже вовсю создавалось новое поколение лазерных станков и систем на новой компонентной базе, а подход, связанный с восстановлением старых станков, закрывал перспективу новым разработкам и гарантировал отставание в будущем. Немаловажным фактором в принятии столь рискованного решения было убеждение, что в России рано или поздно обязательно начнется восстановление разрушенной промышленности, а это сформирует потребность в современном технологическом оборудовании. К тому же у учредителей центра был обширный опыт разработки и внедрения сложных лазерных систем.

Несмотря на трудности, связанные с дефолтом 1998 года, заказ на поставку лазерного оборудования в КНР удалось выполнить в срок. За первым заказом последовали следующие, причем кроме экспортных заказов из Китая и Южной Кореи стало все больше внутренних заказов. С 1999 по 2007 год отечественная промышленность довольно быстро росла, и возрождающиеся частные российские предприятия не брезговали покупать отечественные лазерные станки (к тому же весьма конкурентоспособные). Уже к началу 2000-х годов компанией «Лазеры и аппаратура» на основе отечественного научно-технического задела был разработан целый типоряд современных лазерных станков для резки, сварки, маркировки и подгонки резисторов. Эти станки полностью производились в России в Зеленограде, хотя и частично с применением зарубежных электронных компонентов, а также с использованием международной кооперации. Такой подход обеспечил мощный импульс для продолжения перспективных разработок и получения новых заказов.

Разработки нового оборудования продолжались за счет того, что практически вся прибыль, получаемая от продажи станков, вкладывалась в НИОКР и развитие производства. Такому подходу способствовало и то, что учредители развивали научно-производственный центр в форме семейного бизнеса. А это успешная практика и в дореволюционной России, и среди частных высокотехнологичных предприятий Германии, Италии, Франции и других развитых стран.

РАЗВИТИЕ

На первом этапе развития новой компании с 1998 по 2008 год команда НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ» разработала серию промышленных систем, оборудованных лазерами с ламповой накачкой собственного производства. Одним из ключевых базовых решений, которое было внедрено к концу первого десятилетия работы компании, стали системы прямого привода. Впервые в России были



Рис. 1. Посещение производства корпорации IPG Photonics в Германии. Слева направо: М.Н. Миленький, Л.Г. Сапрыкин, В.П. Гапонцев (2008 год)

разработаны и освоены в мелкосерийном производстве линейные двигатели для кинематических систем, начаты работы по разработке технологий обработки, сформированы основные принципиальные подходы к созданию систем управления и программного обеспечения. В это время на предприятия России было поставлено и запущено в эксплуатацию несколько сотен лазерных станков серий МЛ1, МЛ2, МЛ3, МЛ5 с ламповой накачкой для маркировки, сварки, резки, подгонки резисторов и лазерной обработки компонентов электронной техники. Доля экспорта в продукции компании постепенно снижалась, так как одновременно рос внутренний рынок. Тем не менее продолжали осуществляться поставки за рубеж, и не только в Китай, но и в США, Южную Корею, Италию, Словению. Многие из машин, сделанных в то время, работают на различных производствах до сих пор.

Между тем на рубеже веков не без участия российских специалистов произошел прорыв в области лазерных технологий, связанный с созданием компонентной базы принципиально нового поколения. Новая эпоха началась уже в 90-е годы, когда в лазерную отрасль стали активно внедряться полупроводниковые технологии и, в частности, стали активно применяться лазеры с диодной накачкой. Но самым крупным достижением этого времени стало создание под руководством российского физика и предпринимателя Валентина Павловича Гапонцева массового производства мощных и надежных волоконных лазеров (рис. 1). Внедрение волоконных лазеров в промышленное производство сильно подтолкнул «кризис доткомов» в 2000 году, так как заставил многих лазерщиков, и прежде всего Гапонцева, переориентироваться с телекома на промышленные применения. Другим перспективным направлением стало использование для микрообработки лазеров с ультракороткими импульсами (УКИ), в освоении которых также большую роль играли специалисты из бывшего СССР. Крупные мировые станкостроительные корпорации вкладывали значительные инвестиции в развитие технологических систем на новой компонентной базе.

Новые типы лазеров постепенно вытеснили лазеры с ламповой накачкой и газовые лазеры, правившие бал до того. Еще одним фактором, изменившим ситуацию в следующее десятилетие, стало бурное развитие лазерных технологий, начавшееся при поддержке государства в Китае (рис. 2).

Для сохранения конкурентоспособности перед НПЦ «Лазеры и аппаратура» остро встала задача выбора новой стратегии. Растущее предприятие нуждалась в инвестициях. При этом было важно не только привлечь для организации производства дополнительные финансовые средства, но и получить возможность изучения новой дорогостоящей компонентной базы, технологий, передового организационного опыта. Руководство компании стало искать новые возможности в трех направлениях: взаимодействие с зарубежными фирмами, работа с российскими корпорациями и институтами, развитие участия в государственных программах.

В 2007-2009 годах были налажены деловые контакты и проведены переговоры с германскими фирмами Limo, Raylase, с швейцарской Lasag, чуть позже состоялись контакты с немецкой Rofin Sinar. Наиболее удачными стали переговоры с основателем международной корпорации IPG Photonics Валентином Павловичем Гапонцевым. Корпорация IPG Photonics на тот момент имела три отделения — в России, Германии и США, причем во всех трех отделениях не только техническое руководство, но и большинство разработчиков были русскими. Именно тогда эта русскоязычная компания стала мировым лидером в области производства лазеров и активно искала новые области для развития.

В 2008 году во время мирового экономического кризиса Валентин Павлович рассматривал варианты расширения бизнеса в России, искал площадку под строительство в нашей стране большого завода, планировал диверсифицировать бизнес и производить не только лазеры, но промышленные лазерные системы. После знакомства с научно-техническим заделом НПЦ «Лазеры и аппаратура» российское отделение корпорации IPG Photonics приобрело значительный пакет акций его дочернего предприятия — резидента Особой экономической зоны «Зеленоград» АО НИИ ЭСТО. В результате этого альянса НПЦ «Лазеры и аппаратура» получил доступ к изучению новых типов волоконных лазеров и создал на этой основе серию лазерных машин для прецизионной обработки МЛП. Дополнительное финансирование было получено за счет поставки в корпорацию IPG новых лазерных машин, произведенных в НПЦ «Лазеры и аппаратура». Кроме этого, Валентин Павлович Гапонцев оказал большую методиче-

скую помощь по передаче опыта создания инновационного производства, пригласив специалистов центра посетить германский филиал корпорации IPG Photonics, где подробно ознакомил их с системой организации производства и управления качеством.

По окончании кризиса цели компаний изменились, был осуществлен обратный выкуп акций, проведены взаимозачеты, и отношения между центром и корпорацией IPG были переведены на коммерческую основу. Зеленоградская компания осталась одним из крупных российских покупателей волоконных лазеров и ведущей российской компанией, разрабатывающей промышленные технологии для применения на российских предприятиях.

По второму направлению поиска инвестиций шла работа с институтами развития и государственными корпорациями («Роснано», «Ростех», «Роскосмос», «Росатом»). Еще с конца 90-х годов НПЦ «Лазеры и аппаратура» предлагал проекты развития лазерного станкостроения и постановку актуальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ различным институтам. В частности, большая работа была проведена с «Роснано». Были разработаны проект и бизнес-план, которые прошли все научно-технические экспертизы и были одобрены экспертным советом госкорпорации. Однако когда началось обсуждение параметров и условий сделки, НПЦ были предложены условия, которые учредители сочли неприемлемыми, так как фактическое руководство фирмой должно было перейти к менеджменту «Роснано», и одновременно требовалось показывать нереально высокую прибыль, а при малейшем срыве сроков выполнения или производственных показателей компания переходила в собственность госкорпорации. Поэтому соглашение не было подписано. Дальнейшее развитие событий показало, что это было правильное решение.

Также относительно неудачным был опыт участия в Особой экономической зоне «Зеленоград». Совместный с IPG Photonics и партнерской компанией НПП «ЭСТО» проект в ОЭЗ так и не взлетел (в том числе из-за чрезвычайно медленного строительства инфраструктуры).

Более успешным было взаимодействие с Фондом перспективных исследований, благодаря участию в проекте которого компания в 2014-2017 годах получила опыт создания машин для послойного лазерного синтеза, а также с Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд Бортника), в рамках работы с которым удалось также существенно продвигаться по направлению линейных двигателей и систем с УКИ-лазерами.

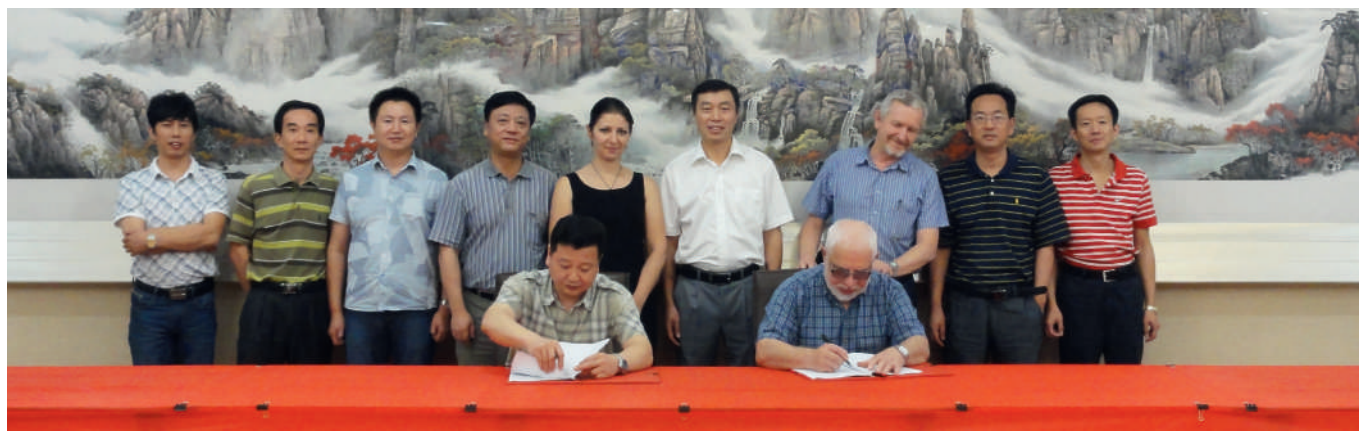


Рис. 2. Подписание предварительного соглашения о создании СП, 2013 г.

Новая эпоха началась после событий 2014 года, когда постепенно началось переосмысление ситуации. С этого момента при поддержке Минпромторга России группой представителей компаний российского электронного машиностроения (в которую помимо НПЦ «Лазеры и аппаратура» входили, например, зеленоградские НИИТМ и НПЦ ЭСТО, петербургское ЗАО «НТО» и еще несколько компаний, объединившихся в ассоциацию «Электронное машиностроение») была начата работа по формированию программы восстановления отечественного электронного машиностроения. Двигателем этой работы был один из ветеранов отечественной электронной промышленности Виктор Александрович Шиллер, тогда сотрудник Минпромторга, и поддерживавший его Василий Викторович Шпак, бывший сначала директором НИИМА «Прогресс», а затем ставший заместителем министра промышленности. Руководство Минпромторга услышало представителей электронного машиностроения, совместно с представителями компаний была впервые выработана системная и сбалансированная программа развития, и в 2016–2023 годах вышли постановления правительства, направленные на развитие средств производства электроники, в том числе лазерного технологического оборудования. В этот период НПЦ «Лазеры и аппаратура» при софинансировании Минпромторга по постановлениям правительства № 109 и № 2136 успешно реализовал несколько проектов по разработке и запуску самых современных типов лазерного оборудования для электронной промышленности и точного машиностроения.

В 10-е годы XXI века также началось успешное технологическое сотрудничество компании с крупными корпорациями. Речь прежде всего о предприятиях ОДК («Ростех»), «Роскосмоса» и «Росатома». Так, по заказам предприятий ОДК центр выполнил ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию пятикоординатных лазерных машин для прямой лазерной наплавки. Важно отметить, что предприятия корпораций не только выделяли для этого финансовые средства, но и оказывали методическую и техническую помощь, помогли глубоко понять актуальные технологические проблемы. Например, компания «ОДК-Сатурн», в интересах которой проводилась работа, принимала деятельное участие в разработке технологии лазерной машины для порошковой наплавки МЛ7. В процессе разработки специалисты НПЦ ознакомились с опытом эксплуатации, достоинствами, недостатками и особенностями конструкции аналогичных установок иностранного производства, работающих на «Сатурне». Все это способствовало качественному выполнению НИОКР и позволило создать лазерную машину, не уступающую (а по ряду параметров и превосходящую) лучшие зарубежные аналоги, при этом созданную на базе российского научно-технического и производственного задела.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Сегодня ГК «Лазеры и аппаратура» — технологический лидер отрасли, обладающий уникальной командой профессионалов, ноу-хау во множестве областей лазерной обработки, патентами и большим типорядом машин, которые используются в самых передовых областях российской промышленности. Серийно производится более 20 моделей лазерного оборудования для всех основных технологий лазерной обработки материалов: комплексы прецизионной резки и пятикоординатной обработки, машины для

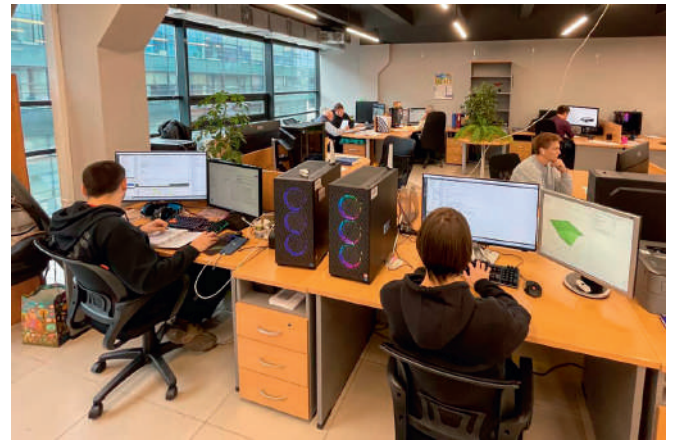


Рис. 3. Конструкторское бюро инженерного центра ГК «Лазеры и аппаратура»

микрообработки, 3D-печати металлопорошками, производительной высокоточной резки. В 2023 г. ГК «Лазеры и аппаратура» вошла в топ-10 станкостроительных предприятий ассоциации «Станкоинструмент» по количеству выпущенных станков и продолжает уверенно развиваться.

Среди подразделений группы компаний: инженерный центр, технологический центр, производственные подразделения и сервисный центр, в которых трудятся более 150 человек.

Инженерные подразделения ГК «Лазеры и аппаратура» (рис. 3) осуществляют разработку блоков и систем, программного обеспечения, проводят макетирование и испытания, а также разрабатывают документацию на производство. Лаборатории оптических модулей, кинематических систем на линейных двигателях, электронных блоков, систем управления, программного обеспечения, конструкторское бюро оснащены оборудованием, измерительными приборами, стендами, современными средствами проектирования и связи. Разработки осуществляют высококвалифицированные кадры — как талантливые молодые специалисты, так и профессионалы с опытом работы в несколько десятилетий, в том числе кандидаты наук.

Технологический центр оснащен лазерными машинами собственного производства, которые позволяют осуществлять скрайбирование пластин, размерную обработку керамики, кристаллов, кварца, разделение чипов, обработку тонкопленочных элементов и другие сложные технологические операции. Все работы производятся в специализированных чистых помещениях. Кроме того, центр занимается технологическими проблемами, разработкой технологий, выполнением услуг по изготовлению деталей из металлопорошков с использованием моно- и многопорошковых SLM-систем.

Производственное подразделение ГК «Лазеры и аппаратура» включает в себя цех механообработки, где изготавливаются сложные детали лазерных установок — силовые станины, защитные кабины, электротехнические шкафы, панели, кронштейны.

В цехе производства кинематических систем осуществляется полный цикл создания координатных систем на линейных двигателях и прямом приводе, включая изготовление пакетов из электротехнической стали, намотку, монтаж, герметизацию и финишную сборку.

На производстве оптических систем собираются и тестируются оптические компоненты лазерных установок, а также коллиматоры, телескопы, фокусирующие объ-

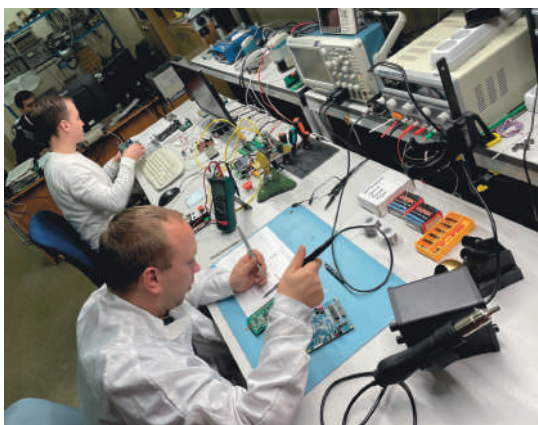


Рис. 4. Сборка электронных блоков



Рис. 5. Участок сборки крупногабаритных машин и упаковки сборочного цеха

ективы, узлы юстировки. Здесь также изготавливаются рабочие головки для резки, сварки, сверления, наплавки.

На производстве электронных модулей и систем управления ведется пайка и сборка печатных плат, объемный монтаж, изготовление электротехнических шкафов и соединительных кабелей (рис. 4). Также здесь разрабатывается и отлаживается технологическое программное обеспечение.

В сборочных цехах объединяются результаты работы всех подразделений (рис. 5, 6). Здесь производится интеграция узлов, модулей и отдельных компонентов в единые комплексы. Осуществляется электрическое подключение, настройка, технологические и приемо-сдаточные испытания, упаковка и отгрузка готового оборудования заказчику.

Чтобы удостовериться в качестве и надежности поставляемой продукции, все оборудование проходит тестирование на холостом ходу и в рабочих режимах работы, в том числе при экстремальной нагрузке (рис. 7).

Сервисный центр осуществляет запуск и сопровождение поставляемых комплексов у потребителей, обучение персонала, гарантийное и постгарантийное обслуживание и поставку запасных частей и расходных компонентов для станков, установленных к настоящему времени на предприятиях в России, а также в дальнем и ближнем зарубежье. На сегодняшний день более 800 станков, разработанных и произведенных группой компаний «Лазеры и аппаратура», успешно работают более чем на 300 предприятиях России, Белоруссии, Китая, США, Южной Кореи и других стран. Среди клиентов группы компаний такие крупные

компании, как «Объединенная двигателестроительная корпорация», ОАО «РЖД», госкорпорация «Росатом», концерн «Калашников», НПО «Техномаш», НПО «Стрела».

МОДЕЛЬНЫЙ РЯД ОБОРУДОВАНИЯ

Современный подход ГК «Лазеры и аппаратура» к созданию лазерных установок (рис. 8) заключается в производстве машин на основе базовых платформ, модифицируемых с учетом индивидуальных требований заказчика. Таким образом достигается одновременно и максимальная серийность, и адаптация под конкретный технологический процесс.

Так, на данный момент разработаны базовые модели для лазерной микрообработки (серия МЛП1), которые предназначены для скрайбирования, микрорезки, модификации поверхностей, обработки тонкопленочных материалов и микромаркировки. Такие машины востребованы на предприятиях электронной промышленности и точного приборостроения. Также разработана и востребована у заказчиков серия лазерных установок МЛ5 для подгонки резистивных элементов.

Еще одна серия базовых моделей — машины для маркировки и гравировки. Они позволяют маркировать и гравировать любые материалы: цветные и черные металлы и их сплавы, а также пластмассы и керамику.

Отдельного внимания заслуживает серия пятикоординатных многофункциональных лазерных систем для резки, сварки, перфорации и наплавки. Машины позволяют



Промышленный 3D-принтер МЛ6



Машина ЛТСК-QCW для автоматической сварки и наплавки проволокой



Лазерная установка для микрообработки МЛП1

Рис. 8. Лазерные установки производства ГК «Лазеры и аппаратура»



Рис. 6. Отладка машины в сборочном цехе



Рис. 7. Испытательный участок сборочного цеха ГК «Лазеры и аппаратура»

обрабатывать как плоские детали, так и изделия сложной формы, осуществлять полноценную 5-осевую обработку. Эта серия включает в себя как модели для автоматической сварки и наплавки, так и обрабатывающие центры для сложной прецизионной обработки.

В ГК «Лазеры и аппаратура» производятся также машины для прямой порошковой наплавки (серия МЛ7). Такие установки используются для ремонта пресс-форм, технологической оснастки, восстановления и прецизионной наплавки контактных поверхностей деталей, в том числе из жаропрочных сплавов, а также для модификации поверхностей деталей и нанесения на изделия защитных и упрочняющих покрытий.

Перспективным направлением развития стало создание машин для аддитивного производства. Первый российский серийный 3D-принтер для послойной печати металлических изделий МЛ6 позволяет вырастить из металлического порошка прототип сложного изделия или наладить печать компонентов. При его разработке был учтен мировой опыт эксплуатации установок данного типа и дополнительно разработан целый ряд новых запатентованных системных решений, компонент и узлов установки, а также собственное программное обеспечение.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В настоящее время перед коллективом группы компаний «Лазеры и аппаратура» стоят новые задачи, связанные с разработкой новых технологий и систем переднего

уровня, которые до сих пор российские предприятия приобретали у передовых западных фирм. На это сложное оборудование и технологии, содержащие ноу-хау, наложены санкции. Санкции также закрыли доступ к ряду ключевых комплектующих. Все это необходимо освоить в России. Однако для решения всего комплекса проблем необходимо создавать промышленную инфраструктуру, привлекать к работам соисполнителей, обучать новые кадры. Все это требует серьезных инвестиций и новых организационно-управленческих решений как на уровне отдельных предприятий, так и на уровне всей отрасли.

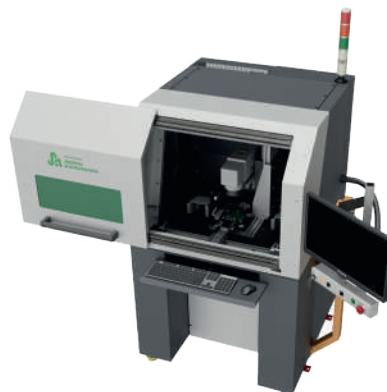
В последние годы коллектив центра значительно усилился как опытными специалистами, так и молодежью, и важно, что молодые специалисты начали выходить на ведущие роли. Ведется большая работа со студентами ведущих вузов. Сейчас компания развивает направление сложных лазерных систем — лазерные комплексы для многокоординатной обработки, машины для аддитивных производств, микрообработки. Все это позволяет компании с уверенностью смотреть в будущее.



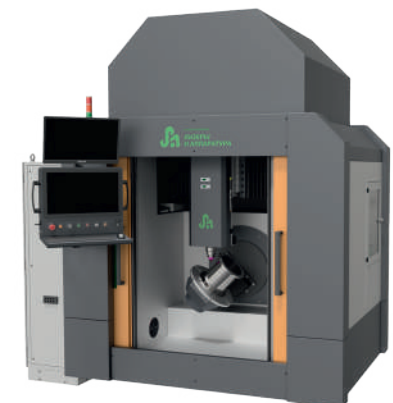
**ГРУППА КОМПАНИЙ
ЛАЗЕРЫ
И АППАРАТУРА**
ООО НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ»
Москва, Зеленоград, проезд 4922, д. 4 стр. 4
+7 499 390 9086
stanki@laser-app.ru
laserapr.ru



Портальная машина для прецизионной лазерной резки серии МЛП35



Лазерная установка серии МЛП2 для маркировки и гравировки



Пятикоординатный лазерный станок СЛП540



Станкоинструментальная отрасль: итоги 2022 года

2 марта 2023 г. состоялось собрание Ассоциации «Станкоинструмент», где было рассмотрено положение отечественной станкоинструментальной отрасли, подведены итоги деятельности организации за 2022 год, намечены задачи для реализации в текущем году и перспективные направления для развития. Отчетный доклад сделал президент Ассоциации Георгий Васильевич Самодуров.

Отметив, что год был самым сложным в экономике страны за последние 20 лет, докладчик представил тщательно подобранные статистические данные, рассказал о деятельности членов Ассоциации, обозначил достижения и проблемы. В статье приводятся основные выдержки из этого выступления и комментарии членов Ассоциации по итогам прошедшего года.

СТАТИСТИКА РОССИЙСКОГО РЫНКА

Россия сейчас работает в условиях огромного количества санкций. Только в прошлом году их было введено более 14 тысяч. А станкостроение — та отрасль, которая относится к сфере инвестиций. Поэтому от того, как развивается экономика, зависит работа предприятий отрасли.

В 2022 г. основные экономические показатели составили: валовый внутренний продукт — 97,9 (104,7 в 2021 г.), индекс промышленного производства — 99,4 (105,3 в 2021 г.), инвестиции в основной капитал — 105,9 (103,1 в 2021 г.), инфляция — 11,9 (8,4 в 2021 г.) — подробнее на **рис. 1**.

Несмотря на мрачные прогнозы отдельных экономистов, которые предполагали уровень падения ВВП более чем на 20%, а рост уровня инфляции — более чем на 20–25%, и, исходя из данных цифр, строили экономические модели стоимости кредитных ресурсов, такой сценарий не сбывался. ВВП сократился на 2,1%, инвестиции в основной капитал (что очень важно) даже выросли впервые за последние 8 лет. Это положительный тренд. Инфляция составила 11,9%. На **рис. 2** показана взаимосвязь ключевой ставки и инфляции, и можно проследить, к чему приводят ошибочные прогнозы. Если прогноз установлен на уровне 20–25%, то под эту цифру вводится повышенная ключевая ставка. Исходя из ключевой ставки устанавливаются ставки за кредитные ресурсы для предприятий. Это приводит к тому, что предприятия платят повышенные проценты за кредитные ресурсы, не имея возможности получить какие-либо другие источники финансирования. Отсюда вопрос к Центробанку

как официально регулятору экономической политики. Центробанк России — чуть ли не единственный из банков в мире из высокоразвитых технологических стран, который не отвечает за рост промышленности, за занятость, а отвечает только за сохранение инфляции на установленном уровне. Неоднократно на разных уровнях поднимался вопрос о доработке закона о Центробанке, чтобы как цель его деятельности выделить рост промышленного производства.

Затем в докладе Президента Ассоциации были отмечены важнейшие события отрасли в 2022 году:

01.2022 г. Создан экспертный совет при Правительственной комиссии по импортозамещению и диверсификации, распоряжение Правительства № 8388р-п7,

26.04.2022 г. Состоялось заседание Президиума Российской Академии Наук, на котором рассмотрен вопрос «Состояния и развития станкоинструментальной отрасли».

30.06.2022 г. На Коллегии ВПК рассмотрен вопрос о состоянии станкоинструментальной отрасли.

15.08.2022 г. Аппарат Государственной Думы РФ заключил Государственный контракт № 01731000096220000610001 от 15.08.2022 с ФГБУ «НИФИ Министерства финансов Российской Федерации» о проведении анализа современного состояния станкоинструментальной промышленности, законодательных проблем и путей их решения в целях обеспечения развития отрасли в условиях санкций, объявленных России рядом иностранных государств. Итоговый отчет по данной работе был утверждён 30.12.2022 г.

21.10.2022 г. Руководитель Департамента инвестиционной и промышленной политики города Москвы Овчинский В. А. утвердил решение о создании индустриально-го кластера станкоинструментальной промышленности и выделении для этих целей 36000 кв. м. на территории технопарка «Руднево».

27.10.2022 г. Обращение президента Ассоциации «Станкоинструмент» Самодурова Г. В. к президенту Российской Академии Наук Красникову Г. Я. по вопросу научного обеспечения станкоинструментальной отрасли.

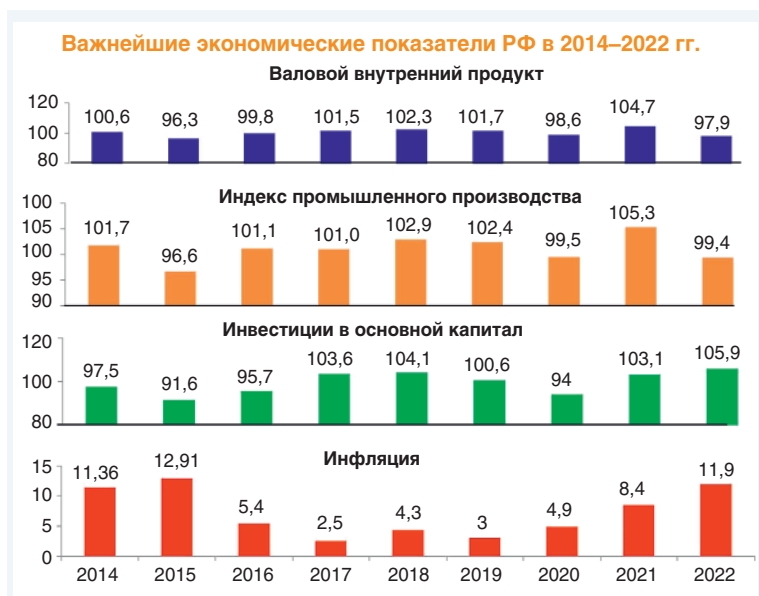


Рис. 1

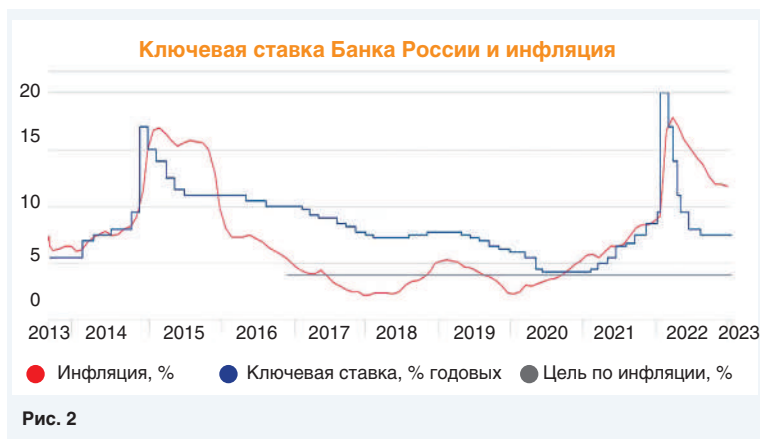


Рис. 2

По поручению президента РАН принято решение о создании рабочей группы по развитию контактов в области технологического развития станкостроения.

28.11.2022 г. Состоялось установочное совещание у заместителя Председателя Правительства РФ Д. Н. Чернышенко по вопросу о формировании Федерального проекта развития станкоинструментальной промышленности, были определены рабочие группы и их руководители, а также дорожная карта разработки Федерального проекта. Сотрудники аппарата Ассоциации приняли активное участие в работе рабочих групп по формированию Федерального проекта.

24.12.2022 г. Принято Постановление Правительства № 2411 «Об авансировании договоров (государственных контрактов) о по-

ставке промышленных товаров для государственных и муниципальных нужд, а также для нужд обороны страны и безопасности государства». Устанавливается авансирование на уровне не менее 80% цены договора.

Следующей темой доклада стало обсуждение проблем сокращения внутреннего рынка в 2022 году за счет резкого снижения импорта. Произошло общее падение рынка потребления, несмотря на то, что объем отечественного производства станкоинструментальной отрасли существенно вырос, особенно производство инструментальной продукции.

Объемы внутреннего рынка по станкоинструментальной отрасли составили 96,2 млрд руб. (рис. 3), в т.ч. объемы производства продукции станкоинструментальной отрасли — 56,0 млрд руб. (станкостроение — 23,3 млрд руб., инструментальная продукция — 32,8 млрд руб.).

Импорт за 2022 год сократился в стоимостных показателях на 30%, в количественных показателях на — 20% (рис. 4). Казалось бы, что не так много, но если посмотреть в ретроспективе всего года, первое полугодие было относительно благополучным и поставки по заключенным договорам еще осуществлялись, то во втором полугодии оборудование почти перестало поставляться.

Импорт металлообрабатывающего оборудования в 2021–2022 гг. (млн долларов) по странам претерпел существенные изменения. Так, в 2021 г. основными поставщиками были (млн долларов): Германия — 202,90; Италия — 148,40; Китай 89,30; Тайвань (Китай) — 79,60; Республика Корея — 77,50; Финляндия — 58,00; Япония — 48,30; Испания — 36,90; Чешская Республика — 34,60; Швейцария — 32,30; США — 17,40; Великобритания — 16,20; другие страны — 136,74. В 2022 г. перечень выглядит иначе (млн долларов): Китай — 248,29; Тайвань — 88,68; Италия — 62,51; Германия — 51,45; Турция — 36,30; Республика Корея — 35,85; Швейцария — 12,93; Испания — 12,13; Чехия — 10,45; Австрия — 8,05; Япония — 7,8; США — 7,37; другие страны — 31,98. Если в 2021 году импорт из недружественных стран составлял около 80%, то в 2022 году импорт из дружественных стран увеличился до 65%.

Экспорт металлообрабатывающего оборудования в 2022 году также сократился как в сто-

Объемы производства, рынка экспорта	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Объемы внутреннего рынка, станкоинструментальная отрасль, млрд руб.	83,8	91,4	93,5	94,2	84,3	104,3	96,2
Объемы производства продукции, станкоинструментальная отрасль, млрд руб.	23,8	29,0	31,8	37,4	37,6	43,02	56,0
Объемы производства продукции станкостроения, млрд руб.	11,8	14,1	14,7	16,9	17,9	22,5	23,2
Объемы производства инструментальной продукции, млрд руб.	12,0	14,9	17,1	20,5	19,7	20,52	32,8
Объемы экспорта станкоинструментальной продукции, млрд руб. (млн долл.)	1,3 (18,7)	1,4 (24,7)	1,55 (26,9)	1,85 (28,8)	2,5 (34,5)	3,88 (50,4)	1,68 (24,1)

Рис. 3

имостном, так и в количественном отношении (1,68 млрд руб. = 24,1 млн долларов) с изменением стран покупателей (рис. 5).

Данные по производству и потреблению металлообрабатывающего оборудования в РФ на основании данных Росстата представлены на рис. 6 и 7. Диаграмма (рис. 6) от Росстата вызывает вопросы у экспертов Ассоциации. Несмотря на существующее Поручение президента РФ № 1363 п. 3 по ведению раздельного учета промышленного и бытового назначения для повышения достоверности статистической информации, включая таможенную статистику, в реальности этого нет. В приведенной диаграмме по оценке экспертов учитываются станки, приборы и товары бытового назначения. Кажущийся существенный рост производства металлообрабатывающего оборудования таковым не является. Необходимо срочно обеспечить выполнение Поручения Правительства РФ.

ИТОГИ 2022 Г. ПО ПРЕДПРИЯТИЯМ АССОЦИАЦИИ

В Ассоциацию «Станкоинструмент» входит около 180 организаций (+6 к прошлому году), деятельность которых осуществляется в сферах: станкостроение — 35%, инструмент и измерительная техника — 21%, КПО и литейное оборудование — 11%, производство комплектующих — 10,5%, сборочные производства — 6,5%, инжиниринговая деятельность, услуги по продвижению продукции и маркетингу — 6%, ремонт и модернизация — 4%, лазерная техника — 1,5%, другие виды оборудования — 1%.

В 2022 году в целом показатели деятельности предприятий-членов Ассоциации выглядят довольно успешными:

- Выпуск товаров и услуг 84 предприятиями Ассоциации составил 56 млрд руб. — 122,1% к уровню 2021 года.

- Объем производства товаров и услуг по станкозаводам составил 105,6%, в т.ч. по станкам: в натуральном выражении — 95,6%, в стоимостном выражении — 102,1%, по станкам с ЧПУ: в натуральном выражении — 77,5%, в стоимостном выражении — 98,8%.

- Объем производства товаров и услуг по кузнечно-прессовому, литейному машиностроению и заготовительным производствам составил 133,7%, в т.ч. по КПМ и ЛМ: в натуральном выражении — 105%, в стоимостном выражении — 147,8%.

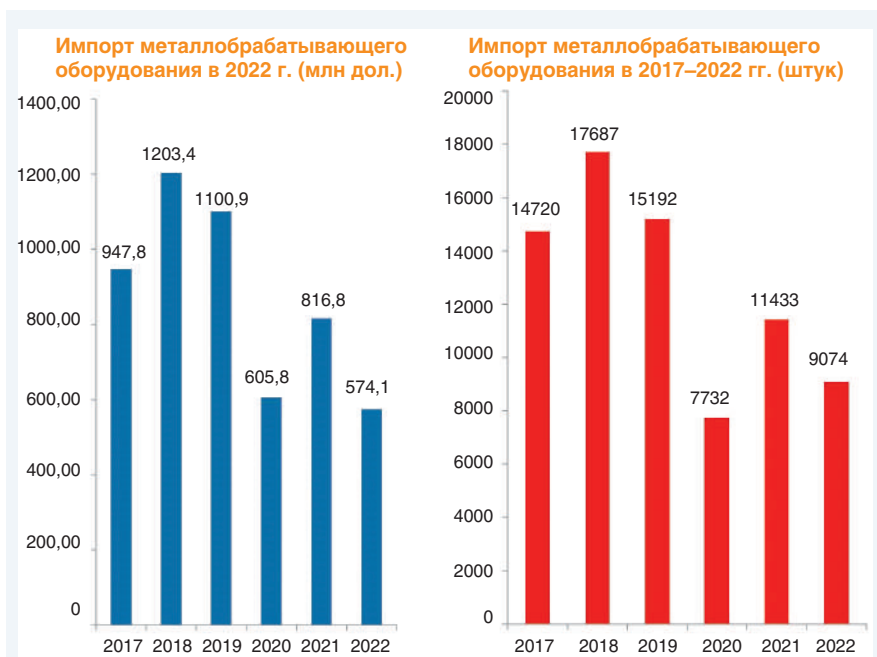


Рис. 4.

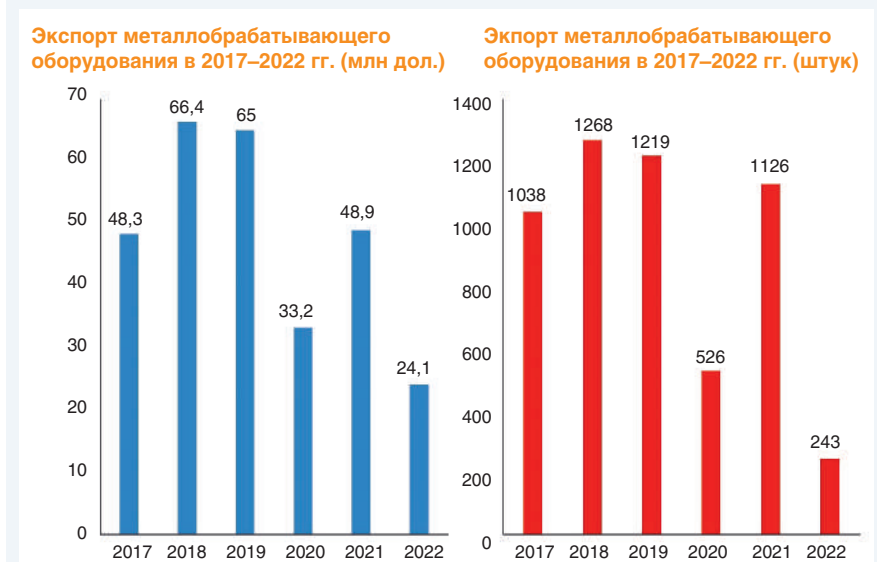


Рис. 5.

- Объем производства инструментальной продукции составил 125% к уровню 2021 года (рис. 8).

ГОСПОДДЕРЖКА

В настоящий момент действует около 20 мер государственной поддержки, которые прямо или косвенно распространяются на станкоинструментальную отрасль. Эти постановления правительства (ПП), действующие и принятые в 2020–22 гг., особенно важные:

ПП № 1206 от 10 августа 2020 г. «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета производителям станкоинструментальной продукции в целях предоставления покупателям скидки при приобретении такой продукции».

ПП № 1649 от 12 декабря 2019 г. «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по современным технологиям в рамках реализации такими организациями инновационных проектов и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».



Рис. 6.

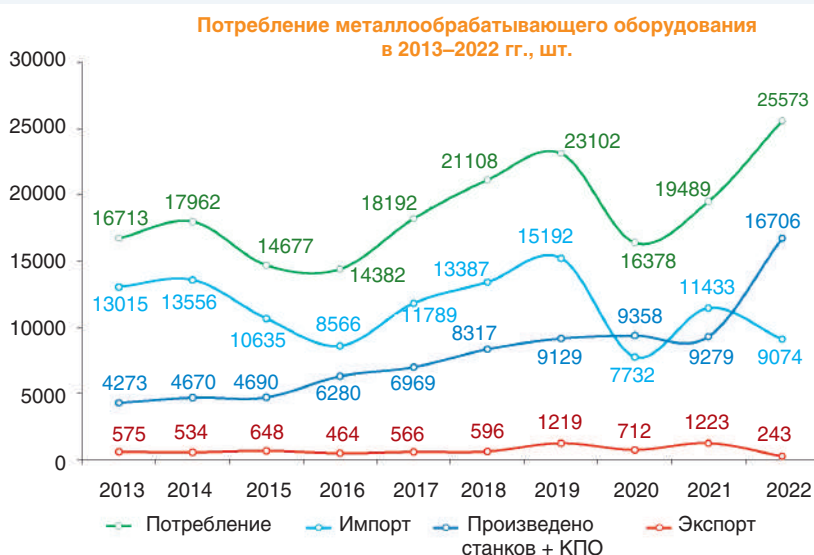


Рис. 7.

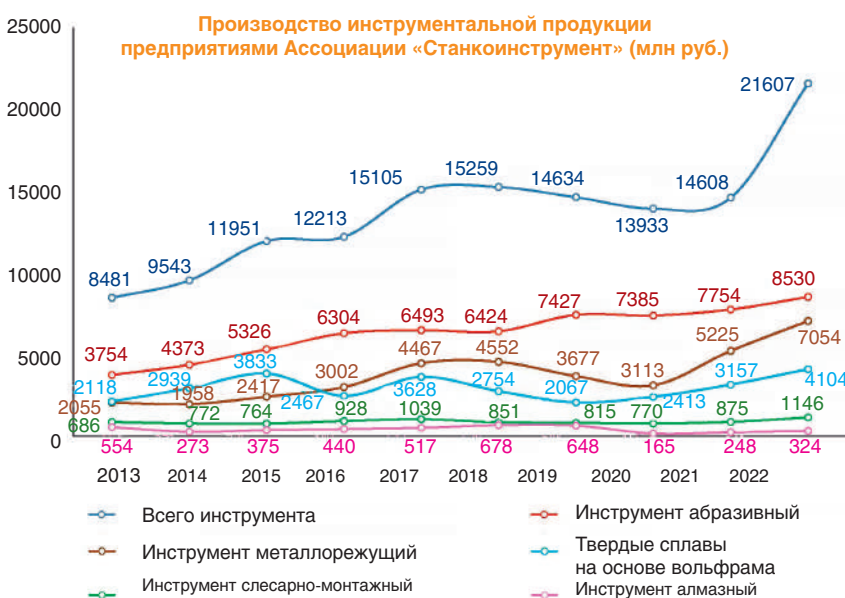


Рис. 8.

ПП № 2411 от 24 декабря 2022 г. «Об авансировании договоров (государственных контрактов) о поставке промышленных товаров для государственных и муниципальных нужд, а также для нужд обороны страны и безопасности государства».

ПП № 165 от 11 февраля 2021 г. «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 17 июля 2015 г. № 719».

Также в докладе был отмечен приказ Торгово-промышленной палаты № 102, вышедший в декабре прошлого года, который определяет порядок получения статуса российского производителя в рамках ПП № 719. Это постановление вызывает наибольшие нарекания от предприятий, многие даже считают, что подтвердить его невозможно из-за сложности процедуры.

Ассоциацией «Станкоинструмент» был проведен анализ данных по выделенным субсидиям. Например, в 2020 г. по ПП № 1206 государством были выделены субсидии на сумму 90,3 млн руб., в 2021 г. — 300 млн руб., в 2022 г. — 411,7 млн руб. Среди предприятий, получивших поддержку в эти годы: ООО «Южный завод тяжелого машиностроения» (154 444 367 руб.), АО «Терский завод алмазного инструмента» (139 030 804 руб.), ООО «Стан» (131 256 374 руб.), ООО «Ульяновский завод DMG-MORI» (79 115 181 руб.), «Завод «Фиолент» (70 101 620 руб.), ООО «Вириал» (64 860 353 руб.), ОАО «Саста» (49 428 828 руб.), ООО «Полипласт» (44 422 907 руб.), ООО «Мехатроника» (32 230 000 руб.), ООО «Томский инструментальный завод» (12 923 830 руб.), остальные (ООО «ВСЗ «Техника», ООО «ИНЭЛСИ», ООО «Концерн «Инмаш», ООО «Лассард», ООО «НПО «Экспериментальный завод» — 24 217 964 руб.). Согласно проекту реестра получателей субсидии от 11.01.2023 в текущем 2023 году поддержка предприятиям будет оказана на сумму 839 млн руб.: ООО «Южный завод тяжелого машиностроения» (350 000 000 руб.), АО «Терский завод алмазного инструмента» (160 000 000 руб.), ООО «Вириал» (150 000 000 руб.), «Завод «Фиолент» (125 000 000 руб.), АО «Концерн «Калашников» (35 000 000 руб.), АО «Серпуховский инструментальный завод «ТВИНТОС» (15 000 000 руб.), ООО «Вятский станкостроительный завод» (4 000 000 руб.).

Отрадно, что данные предприятия, несмотря на все сложности, смогли правильно оформить документы и получить соответствующую поддержку.

С другой стороны, анализ данных за 4 года показывает, что не все сделано правильно для того, чтобы финансовой поддержкой дать импульс развитию станкоинструментальной отрасли. Не все из представленных предприятий работают в отрасли и оказывают на нее значимое влияние. Напрашивается необходимость участия в подобных решениях станкоинструментального сообщества. По существующим постановлениям есть непонятные действия, которые требуют корректировки. Что касается предприятий отрасли, им нужно получать поддержку для завоевания рынка по номенклатуре выпускаемой продукции.

Также было проанализировано действие постановления правительства № 1649. В 2022 г. в конкурсе победили пять предприятий: ООО «ВИРИАЛ» (2 темы — 500 000 000 руб.), ООО «Южный завод тяжелого станкостроения» (3 темы 390 000 000 руб.), АО «Станкотех» (2 темы — 245 000 000 руб.), АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ» (168 000 000 руб.), ООО «Коломенский механический завод» (95 000 000 руб.). Определенный интерес вызывает тематика заявленных НИОКР. Тематика, которая сейчас реализуется для того, чтобы получать бюджетные ресурсы и осваивать выпуск современной продукции, на взгляд опрошенных экспертов отрасли, не носит тот характер, который должна. Например, если закладывается тематика производства горизонтально-расточных станков, она прежде всего должна быть предложена предприятиям, имеющим соответствующий задел (Ивановский станкозавод, ТБС), а не реализовываться с нуля. Или когда идет речь об изготовлении прецизионного оборудования с точностью 3–6 мкм, это речь не о прецизионном оборудовании. Получается, что подходы должны быть модернизированы. В обсуждении должно опять таки более плотно участвовать научное сообщество, ведущие университеты.

Если говорить о выполнении такого важного постановления, как ПП № 2411, то также возникли проблемы по его исполнению: по банковскому сопровождению, оформлению банковских гарантий и др. Практически 1,5 месяца ушло у предприятий, чтобы эти вопросы как-то утрясти. И сегодня они еще полностью не решены.

Стоит отметить, что **Хайрула Алибекович Джамалдинов, начальник отдела станкоинструментальной промышленности Минпромторга РФ**, в своем докладе внес в статистику получения субсидий уточнение, предположив, что в докладе Георгия Васильевича учтены данные не по всем отборам. По данным Минпромторга РФ, по ПП № 1206 в 2022 году было выделено 198 млн руб., в 2021–238 млн руб., в 2022–476 млн руб. (поддержано 12 предприятий), на этот год заложен 1 млрд руб. В целом же производство станков по отношению к предыдущему году выросло на 1 млрд — до 32 млрд, а производство инструмента — на 60%: с 19 млрд руб. до 31 млрд руб.

В продолжение темы господдержки Георгий Васильевич Самодуров отметил большое внимание государства к делам станкоинструментальной отрасли. Вопросы ее развития рассматривались в прошлом году на самых различных уровнях: во время одного из заседаний экспертного совета при Правительственной комиссии по импортозамещению и диверсификации ОПК, на заседании президиума Российской академии наук (впервые за 15 лет), на Коллегии ВПК. По поручению президента РАН принято решение о создании рабочей группы по развитию контактов в области технологического развития станкостро-



Рис. 9.

ения. По запросу аппарата Государственной Думы ФГБУ «НИФИ Министерства финансов Российской Федерации» был проведен анализ современного состояния станкоинструментальной промышленности, законодательных проблем и путей их решения в целях обеспечения развития отрасли в условиях санкций, объявленных России рядом иностранных государств (итоговый отчет был утвержден 30.12.2022). Было также утверждено решение о создании индустриального кластера станкоинструментальной промышленности и выделении для этих целей 36000 кв. м на территории технопарка «Руднево» (рис. 9). Сотрудники аппарата Ассоциации приняли активное участие в работе рабочих групп по формированию федерального проекта развития станкоинструментальной промышленности. Эта работа сейчас ведется при поддержке двух заместителей Председателя Правительства: Д. Н. Чернышенко и Д. В. Мантурова. Впервые за последние 20–25 лет сделана попытка комплексно решить целый ряд вопросов. Предлагаемые меры призваны стимулировать: спрос на продукцию отечественного производства, создание новых и модернизацию существующих производств, выделение грантов для малых предприятий и стартапов, работу по стандартизации продукции и реализации тем НИОКР, приведение в соответствие тарифно-таможенной политики и др. Исключительно важно то, что впервые предусмотрено соответствующее финансирование, которое формируется на основе предложений предприятий, участвующих в подготовке реализации федерального проекта.

ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕШЕНИЯ

К наиболее сложным проблемам отрасли, требующим системного решения, относятся:

- Связанные с производством: недостаток собственных оборотных средств и инвестиционных ресурсов у большинства предприятий отрасли; высокий уровень износа основных фондов предприятий; высокая импортозависимость по комплектующим изделиям и материалам; жесткие условия и ценовая зависимость по поставкам энергоресурсов.

- Проблемы научно-технической деятельности и инноваций: недостаток собственных средств предприятия на НИОКР; недостаточность отраслевой научно-технической политики; практически полное отсутствие профильных научно-исследовательских отраслевых институтов и организаций; слабая связь с фундаментальной наукой.

НАШ ПУТЬ В СТАНКОСТРОЕНИИ —
ОСОБАЯ ТОЧНОСТЬ

— Проблемы, связанные со сбытом на внутреннем рынке: недостаток системы госзакупок, связанный с нестыковками законодательных актов, неэффективная роль выполнения ПП № 719 при получении статуса российского производителя; низкий уровень информированности конечных потребителей о современной продукции станкоинструментальной отрасли.

— Проблемы кадрового обеспечения: дефицит квалифицированных кадров; недостаток профессиональных и образовательных стандартов; отсутствие государственной системы подготовки кадров рабочих профессий и специалистов среднего звена.

Разрывы в сбалансированной системе научного и конструкторско-технологического обеспечения развития российского станкостроения наблюдаются по основным функциям:

1. Научно-техническое обеспечение создания и совершенствования станкоинструментальной продукции. До 1991 г. данную функцию поддерживали институты Академии наук машиностроительного профиля, технические вузы, в период реформ (после 1991 г.) произошла постепенная утрата связи между организациями, выполняющими НИР, и потребителями их результатов. На текущий момент институты Академии наук (полностью) и технические вузы (частично) отошли от задач научного обеспечения отрасли.

2. Совершенствование, разработка и постановка на серийное производство новых видов станков и инструмента. До 1991 года функцию поддерживали 46 отраслевых научно-исследовательских институтов и их опытные производства, в более поздние годы произошла деградация и почти полное исчезновение отраслевых НИИ. Разработку (ОКР) и постановку на серийное производство стали обеспечивать мало мощные КБ производственных предприятий.

3. Совершенствование и создание новых технологических систем станкоинструментального производства. До 1991 г. функцию осуществляли проектные институты (Гипростанок, Оргстанкипром), позже произошло полное исчезновение отраслевых проектных организаций. Проектирование технологических систем станкоинструментального производства обеспечивает только малый бизнес.

В качестве решения для обозначенных проблем Ассоциацией предлагается: создание в РАН секции или экспертного совета по станкоинструментальной промышленности; создание в станкоинструментальной промышленности государственного научного и конструкторско — технологического центра с концентрацией в нем имеющихся ресурсов отрасли и государства на переходный период. Причем из Российской академии наук уже ответили о готовности создать комиссию по станкоинструментальной отрасли на базе трех советов.

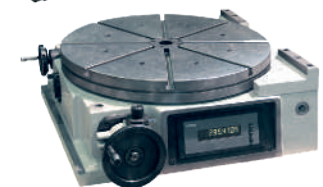


СКР 400, СКР 400М

Станки координатно-расточные особо точные. Размер стола 800x400 мм. 5 управляемых УЧПУ координат.

ПОВОРОТНЫЕ СТОЛЫ

особой точности. Универсальные, кантуемые и простые. Диаметр планшайбы от 260 мм до 1000 мм, с цифровой индикацией и управлением от УЧПУ.



АЭРОШЛИФ® 400

Станки координатно-шлифовальные особо точные. Размер стола 800x400 мм. 8 управляемых УЧПУ координат.

ПРИВОДНЫЕ И ЭЛЕКТРОШПИНДЕЛИ ОСОБОЙ ТОЧНОСТИ

Широкая гамма типоразмеров для отечественного и импортного металлообрабатывающего оборудования.



КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ И ГЛУБОКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ

координатно-расточных станков и накладных поворотных столов.

КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

В Ассоциации начиная с 2022 года ведется работа по повышению конкурентоспособности предприятий. Созданы и работают: департамент финансового обеспечения тендерной деятельности предприятий, департамент маркетинга и инженерных решений, департамент модернизации, ремонта и техобслуживания МОО, департамент по разработке и реализации энергетической политики для предприятий, департамент конкурсных процедур и специальных проектов, департамент по оптимизации финансовых затрат предприятий. В частности, в 2022 году через данные департаменты предприятиям Ассоциации была оказана поддержка по установлению годовых лимитов по кредитованию и банковским гарантиям; в сотрудничестве с предприятиями были разработаны рекомендации проведения маркетинговых исследований, оказывалась поддержка защиты прав правообладателя при незаконных использованиях бренда; разработана и принята концепция отраслевого портала «Интеграция»; ведется проект по использованию предприятиями отрасли альтернативного источника электроэнергии на основе мини-ТЭЦ (стоимость одного кВт электроэнергии ниже на 15% и более, чем покупаемой у энергосбытовых компаний, а тепло получают от энергоцентра предприятие бесплатно); оказывается поддержка, направленная на повышение экономической эффективности закупочной деятельности предприятий; ведется подготовка к российской международной выставке станков и производственных технологий RIMTOS 2023 (пройдет в МВЦ «Крокус-Экспо» с 24 по 26 октября 2023 г.) и др.

МНЕНИЯ УЧАСТНИКОВ СОБРАНИЯ

Задачей выступивших в прениях участников собрания было сделать акцент на главных проблемах 2022 года и возможных путях их ускоренного решения.

Григорий Валерьевич Семенов, генеральный директор НПФ «ТЭТА», подчеркнул огромный рост спроса на станкостроительную продукцию, требующий увеличения производства в 2–3 раза. Очевидно, что для реализации этого на предприятиях существует ряд ограничений: не хватает производственных мощностей, кадров, финансовых ресурсов. Кроме того, клиент ограниченно платежеспособен (деньги по заказам будут потом, а финансировать производство надо сейчас). Производители сложного оборудования, где используется много компонентов электроники, вакуумной техники, ранее участвовавшие в мировых цепочках поставок, сейчас вынуждены решать вопросы по замене компонентов, по выстраиванию новых логистических цепочек, что привело к задержкам производства. Для преодоления этих ограничений докладчиком были высказаны несколько предложений. Во-первых, это максимальное расширение кооперации. Если не хватает собственных мощностей по каким-то видам обработки, можно обращаться к соседним предприятиям в своем регионе. Но для эффективной кооперации надо максимально снять барьеры, например, в холдингах, где система закупок довольно громоздкая (если надо что-то сделать, надо за год подумать). По поводу нехватки финансовых ресурсов: мер поддержки существует очень много, но судя по развитию ситуации по времени, решения об оказании этой поддержки должны быть очень быстрыми. Григорий

Валерьевич предложил схему выделения государственных субсидий за один день, когда три уполномоченных человека приезжают на предприятие, отмечают рост выручки, осматривают производство, изучают правоустанавливающие документы и сразу определяют сумму поддержки. Очевидно, что многие накопившиеся за годы проблемы сейчас можно быстро победить только деньгами.

Еще один важный момент — тема поддержки экспорта. Предприятия отрасли работают под давлением санкций: закупка компонентов — дольше и дороже, с другой стороны, контрагенты, пользуясь ситуацией, пытаются опускать цены («Вы из токсичной страны, нам сложно с вами работать»). Получаются ножницы. С одной стороны, внутренний рынок готов приобретать по высокой цене, внешний — становится менее выгодным. С другой стороны, есть понимание, что ажиотажный спрос может быстро прекратиться, и нельзя раскручивать неконкурентное производство с высокими ценами. В этой связи должны сохраниться меры поддержки экспорта: традиционные субсидии и поддержка выставочной деятельности, компенсации транспортных расходов и др.

Георгий Владиславович Боровский, председатель Совета директоров Ассоциации «Станкоинструмент», поддержал необходимость упрощения процедуры подтверждения компаниями российского статуса, отметив, что «да» или «нет» должны определяться экспертной оценкой специалистов отрасли после выезда на производство. Существующая в настоящий момент процедура обрубаем возможности реальным производителям получать субсидии, проводить НИОКР. Многие даже не пытаются ее проходить. Если раньше статус российского производителя отчасти помогал выигрывать в конкурентной борьбе, то сейчас предприятия загружены заказами и работают по законам бизнеса в меру своих возможностей.

Алексей Петрович Николаев, исполнительный директор АО «Станкотех» (группа СТАН), отметил, что его предприятие испытывает трудности с заказом чугуна литья более 10 тонн, и это не частная проблема, а также открыл дискуссию по такому важному вопросу, как унификация производства станочных комплектующих.

Потенциальные клиенты зачастую заказывают на предприятии оборудование одинаковое по характеристикам, но разное по габаритам, комплектации. Последние годы техническое задание заказчика могло звучать: «Вот техническое задание немецкого станка, нужно сделать так». При этом заказчики сами потом соглашаются, что им подошел бы и серийный станок. Таким образом на «Станкотехе» выпустили 12 моделей порталных станков, по сути, одинаковых по функционалу. Сейчас ставится задача об унификации станочных узлов и комплектующих, уменьшении линейного ряда станков. В будущем ее решение сослужит добрую службу, позволит говорить о локализации производства таких компонентов, как двигатели, редукторы, ШВП, линейные направляющие, гидравлика, пневматика. Например, в рамках реализации программы унификации на заводе уже смогли наладить собственный выпуск гидроцилиндров необходимого качества. А работа по унификации на всех предприятиях отрасли, в свою очередь, позволит думать о создании под актуальные задачи новых заводов, производящих компоненты, которые сейчас приходится покупать либо по параллельному импорту, либо в дружественных странах. Актуальность этого очевидна. Все понимают, что

существующие цепочки поставок могут прерваться в любой момент и что высокотехнологические изделия в нашу страну не поставляют и поставлять не будут.

Сергей Иванович Морозов, депутат Государственной Думы, проинформировал присутствующих, что в Госдуме занимаются целым рядом вопросов в рамках развития концепции технологического развития. Это повышение качества планирования в РФ, в т.ч. с привлечением финансирования, решение кадрового вопроса (трудовое воспитание в школе, возвращение распределения по приоритетным отраслям для выпускников вузов и др.), корректировка нормативно-правовой базы для снижения регуляторной нагрузки на предприятия, повышение приоритета использования российской продукции, увеличение продвижения российской продукции на перспективных зарубежных рынках Африки, Юго-Восточной Азии. Планы на ближайшее время — рассмотрение вопросов восстановления науки и отраслевых институтов, прежде всего в приоритетных отраслях, и доработка стратегии развития интеллектуальной собственности.

Хайрула Алибекович Джамалдинов, начальник отдела станкоинструментальной промышленности Минпромторга РФ, пояснил в своем выступлении, что для унификации станочных комплектующих важным моментом является подготовка новых стандартов или обновление старых. По инициативе Уфимского авиационного университета УГАТУ была активизирована деятельность Технического комитета ТК 070, который за год разработал план стандартизации станкостроения на ближайшие 5 лет. Представителям станкоинструментальной отрасли предлагается активно включаться в данный процесс.

Относительно каталога станкоинструментальных предприятий в поддержку слов Георгия Васильевича Самодуро-

ва было отмечено, что уже сейчас существует рекомендуемый перечень российских и белорусских производителей станков, инструмента, компаний, производящих ремонт и модернизацию, который доводится до заказчика. Работа по созданию самого каталога будет завершена в ближайшее время. Что касается работы по федеральному проекту, к нему было привлечено более 400 экспертов, в нем будут заложены мероприятия по развитию отрасли с финансированием по различным направлениям, и он уже должен быть утвержден в апреле — мае этого года.

Сергей Владимирович Макаров, первый заместитель генерального директора АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ», отметил важность господдержки в рамках выполнения НИОКР и проанонсировал показ на выставке «Металлообработка-2023» образца семикоординатного прецизионного шлифовального станка для производства осевого режущего инструмента из твердого сплава, который был реализован с привлечением субсидии.

Главным тезисом выступления **Виктора Викторовича Силина, генерального директора компании «АДЕМ-инжиниринг»**, стал: «Ваши станки могут больше». За годы внедрения программного обеспечения ADEM в пилотных проектах на ведущих предприятиях различных отраслей промышленности компания зачастую получала в разы большую производительность на ответственных операциях, чем при использовании импортных аналогов. Например, получена кратность снижения времени обработки в ОАО «НАПО им. В.П. Чкалова» — в 2,3 раза; на Ижорских заводах — в 7 раз; на ПАО «КАМАЗ» — в 2,8 раза и др. Сочетание передовых методов обработки, которые заложены в систему, и высокого уровня специалистов, работающих на местах, неизменно приводили к впечатляющим результатам. Важно, что в ПО ADEM пользователь может улучшать

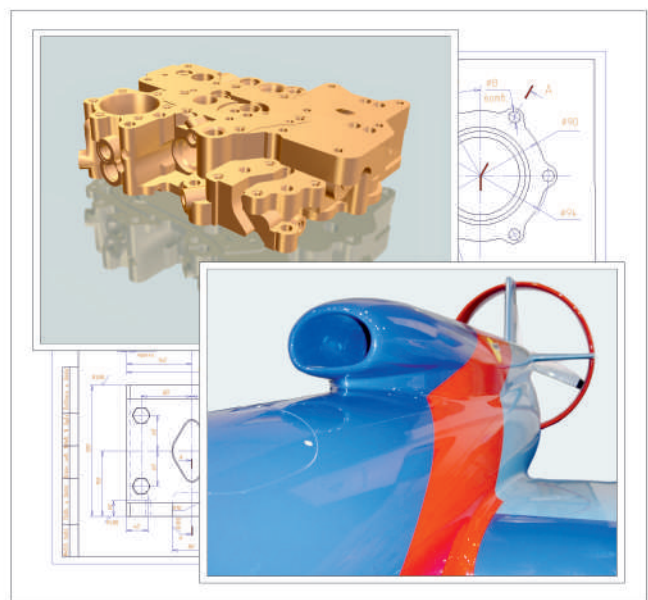
Интегрированная **CAD/CAM/CAPP/PDM-система** ADEM для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Единый программный комплекс, в состав которого входят модули для объемного и плоского моделирования, выпуска конструкторской и технологической документации, проектирования техпроцессов, программирования станков с ЧПУ (токарных, фрезерных, электроэрозионных, лазерных и др.), управления архивами и проектами. Содержит также средства для реновации накопленных знаний (бумажных чертежей, перфолент), для анализа технологичности и нормирования проекта.

группа компаний ADEM

107497, г. Москва,
ул. Иркутская, д. 11
Тел.: +7 (495) 462-0156,
+7 (495) 502-1341
E-mail: moscow@adem.ru
www.adem.ru

426003, г. Ижевск,
ул. Красноармейская, д. 88
Тел.: +7 (3412) 522-341,
+7 (3412) 522-433
E-mail: izhevsk@adem.ru

Приглашаем посетить наш стенд на выставке
"Металлообработка-2023" 22–26 мая, г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»,
пав. № 3, подиум, стенд № 3В60



технологии обработки самыми различными способами в соответствии со своим уровнем знаний. Импортные же технологии, поставляемые с импортным оборудованием, где многие процессы выполняются по умолчанию, отучили наших специалистов принимать самостоятельные решения и выходить за рамки предложенных алгоритмов. Это сравнимо с санкциями, направленными на снижение эффективности российских производств. В компании «АДЕМ-инжиниринг» считают решение кадрового вопроса очень важным, поэтому много лет работают с учебными заведениями, начиная со школ, организуя классы на основе системы АДЕМ. Но чтобы существенно изменить ситуацию с кадрами в лучшую сторону, требуется консолидация усилий на многих уровнях.

Владимир Валерьевич Серебряный, ректор МГТУ «СТАНКИН», говорил не только о кадрах.

«СТАНКИН» был одним из тех, кто инициировал разработку федерального проекта развития станкоинструментальной промышленности и активно участвует в работе над ним. Эта работа вскрыла много проблем, которые требуют решения и отчасти были озвучены участниками собрания. Кроме того, докладчик отметил, что действующим предприятиям нельзя забывать за ажиотажным спросом о постоянном совершенствовании продукции, чтобы остаться конкурентоспособными при нормализации рынка.

«СТАНКИН» инициировал у себя создание центра компетенции, который будет работать и с производителями, и с потребителями, в т.ч. по НИОКР, и, конечно, участвовать в подготовке кадров, потребность которых прогнозируется до 2030 года на уровне 20 000 человек. Вуз готов формировать целевые группы и работать с программами под потребности конкретных предприятий.

Владимир Юрьевич Макаров, заместитель директора «Тяжпрессмаш», отметил уникальность своего предприятия и высокий рост востребованности продукции на текущий момент. Объем выпуска товарной продукции предприятия в 2021 году составлял 4 млрд руб., за прошлый год — 6 млрд руб., в этом году — 11 млрд руб., в 2024 году предполагается к увеличению в 1,5 раза. Среди потребителей продукции — «Ростефть», «Газпром», «Мосводоканал», предприятия ВПК. При этом кадровая численность работающих на предприятии сокращается из-за выхода на пенсию высококвалифицированных специалистов: в 2014 году работало 3245 человек, в 2020 — 2300, сегодня — около 2000. Предприятие вынуждено работать в режиме 24/7. А это увеличенная оплата труда, определенная усталость у людей, хроническая травматизация, и др. Для таких предприятий должны инициироваться меры активной поддержки и на депутатском уровне, и на федеральном. Взять хотя бы пример страховых взносов. Когда в 2011 году началась работа по пенсионной реформе, президент сказал, что 32% страховых взносов тяжелым бременем ложатся на бизнес, инициировав понижение до 23%. Реформа прошла, ставка опять поднялась до 32%. Сейчас бы было уместно пересмотреть ее в меньшую сторону.

Своеобразный итог дискуссии подвел **депутат Государственной Думы Николай Васильевич Коломейцев**. Он поприветствовал всех, «кто сохранился не благодаря, а вопреки и сегодня увидел, что наконец-то востребован», шутливо отметил, что теперь, когда в правительстве рабо-

тают два выпускника «СТАНКИНа», а именно — Михаил Мишустин, Дмитрий Чернышенко, станкоинструментальные вопросы не могут остаться без внимания. Далее он прокомментировал основные проблемы, высказанные выступавшими.

Николай Васильевич Коломейцев подчеркнул, что уход от стандартизации в свое время и введение техрегулирования были ошибочны. В станкоинструментальной отрасли так быть не должно, т.к. «это та отрасль, где еще остались допуски и посадки как важный элемент». Поэтому быстрый возврат к стандартизации необходим. Он также отметил, что еще в 2013 году был принят закон о стратегическом планировании, о том самом планировании, необходимость которого сейчас никто не отрицает, но до сих пор к нему нет нормативных актов. Согласился, что Центробанк, который консолидирует все финансовые ресурсы, не выполняет функции по развитию экономики.

Обращаясь к вопросам управления отраслью, докладчик отметил, что раньше в профильном министерстве работало 1800 человек и на руководящие должности принимали специалистов, имеющих опыт руководящей работы на заводе. Развитие отрасли поддерживали 46 научно-исследовательских институтов. Конечно, в текущей сложной обстановке несколько человек в Минпромторге, которые сейчас курируют отрасль, не могут на себя возложить всю необходимую работу. Тем не менее ее нужно выполнять. Существующая практика по постановке НИОКР, когда тематику формирует сам завод, не является правильной. Предприятия, которые сейчас имеют маломощные технические службы, этим не могут заниматься. То, что сейчас делается, — это латание дыр, а НИОКР — это темы, которые должны идти впереди, создавать условия для передовых разработок. Только через действия министерства сейчас можно вернуть прикладную науку. Вопрос унификации комплектующих также могло бы взять на себя Министерство, т.к. комплектующих нет ни для одной отрасли, их завозят длительное время. Минпромторг мог бы провести исследование и сделать специальную программу создания межотраслевых заводов по комплектующим. Учитывая, что предприятия станкоинструментальной отрасли сейчас работают в условиях жесткой нагрузки и нуждаются в быстрой эффективной поддержке, станкоинструментальное сообщество ожидает, что со стороны Минпромторга будут сделаны шаги по ускорению и упрощению процедуры выделения субсидий.

Кадровый вопрос, по мнению докладчика, необходимо решать, «заземляя» отраслевые вузы на отрасль, т.е. возобновить практику времен индустриализации 30–40 годов, когда при действующих предприятиях организовывались ФЗО (ПТУ), техникумы и вузы.

И конечно, нужна программа развития. Ни одна страна двадцатки не имеет горизонта планирования меньше 30 лет. Все страны семерки имеют горизонт планирования 75 лет. А у нас нет ни одной кафедры по планированию, в т.ч. в МГУ, хотя всем известно, что нельзя достичь цели, если у тебя ее нет.

Татьяна Карпова

На рисунках представлены слайды из презентации президента ассоциации «Станкоинструмент» **Георгия Васильевича Самодурова**

МЕТАЛЛО- ОБРАБОТКА

22-26
мая

2023

Москва, Экспоцентр



наш стенд
№ 21С50
павильон 2

Научно-Промышленная Корпорация «Дельта-Тест» приглашает вас на главное российское мероприятие станкостроительной отрасли – выставку «Металлообработка-2023».

По традиции наш стенд **№ 21С50** будет располагаться в павильоне российских производителей 2.1. В этом году мы представим свои передовые разработки в области технологий и оборудования прецизионной электроэрозионной обработки:

1. Премьера прототипа электроэрозионного 5-координатного проволочно-вырезного станка модели **ARTA eCut 400** на базе системы управления нового поколения **ARTA-x.11** и линейных двигателей по осям X, Y;

2. Ультрапрецизионный проволочно-вырезной комплекс **ARTA eCut 600** с системой автозаправки электрода и возможностью обработки крупногабаритных деталей (перемещения по осям X, Y – 600x400 мм).

3. Популярная 3-осевая супердрель с функционалом 3d-микроэрозионного фрезерования **ARTA eDrill 10**.

Ждём вас в гости!

www.edm.ru
arta@edm.ru
+7 (495) 995 09 68
ООО «НПК «ДЕЛЬТА-ТЕСТ»

ТЕНДЕНЦИИ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ ОБОРУДОВАНИЯ

За минувший год ситуация на российском рынке оборудования сильно изменилась. Редакция журнала «РИТМ машиностроения» провела опрос производственных и торговых компаний, чтобы выяснить положение дел и тенденции развития рынка.

Были заданы следующие вопросы:

- Возник ли дополнительный спрос на вашу продукцию? Готовы ли вы его удовлетворять?
- Отразился ли выросший спрос на итогах работы 2022 года?
- Готовы ли вы предложить рынку новую продукцию?
- Оцените тенденции на рынке. Есть ли у российских производителей шанс обеспечить спрос или без азиатских производителей и параллельного импорта не обойтись?

ООО «МиллТюрн Машинери»



Тимур Курбанов,
генеральный директор

Да, дополнительный спрос на продукцию есть. Среди заказчиков в основном компании, которые ранее использовали оборудование и инструмент именитых производителей из Европы, Южной Кореи и Японии. Сейчас у многих клиентов нет другого выхода, как адаптироваться под продукцию китайских производителей. Однако многие поставщики смогли сориентироваться и наладить поставки по параллельному импорту.

Наша компания, в частности, сумела выстроить поставки, в том числе пятиосевых и многоцелевых обрабатывающих центров южнокорейских производителей HYUNDAI WIA и DN SOLUTIONS (бывш. DOOSAN), а также японского STAR MICRONICS. Мы также смогли наладить поставки запасных частей для станков не только вышеупомянутых производителей, но и HAAS, DMG MORI, MAZAK и др. При этом наши цены на запчасти оказались ниже досанкционных от официальных дилеров.

В начале года мы столкнулись с колоссальными проблемами. Были вынужденно расторгнуты контракты с покупателями на сумму более 400 млн руб. Однако уже во второй половине года мы смогли восполнить все потери.

До февраля 2022 года мы были вынуждены заниматься продажей общеизвестных брендов. Но в новых условиях мы смогли по-новому взглянуть на производителей в Азии. Для нас стало открытием, что китайские производители готовы предлагать настолько сильные и современные технологии, что даже японским и европейским производителям есть чему у них поучиться. В настоящий момент мы являемся эксклюзивным представителем крупного бренда KEODO SEIKI, который закрывает потребности по токарной, фрезерной, шлифовальной и протяжной группам станков.

По моему субъективному мнению, российские производители не готовы удовлетворить потребности рынка и на 15%. Мы знаем отличные примеры — то же пензенское производство уважаемого мною Олега Кочеткова. Однако всё, что производилось в России до СВО, да и в настоящий момент тоже, — это самое примитивное, универсальное оборудование и инструмент. Тем не менее то, что нас не убивает, делает нас сильнее! И сейчас самое время

опомниться и начать производить собственную высоко-технологичную продукцию. В этих условиях не обойтись без поддержки государства и ответственности с полной самоотдачей каждого участника рынка.

ООО «Пумори-инжиниринг инвест»



Андрей Чемакин,
коммерческий директор

Мы все помним, как непредсказуемо в течение прошлого года менялась ситуация. Но если рассмотреть итоговый результат, то в части металло-режущих станков мы видим значительный рост рынка в количественном исчислении и снижение в денежном. Причем, по данным статистики, рост в штуках составляет не менее 40% к предыдущему году, а снижение объема импорта в деньгах — до 20%. Таким образом, очевидно, что после

включения санкционных пакетов западных партнеров в РФ импортируется в основном недорогое, относительно простое оборудование. Следует отметить, что в рейтингах импорта по количеству станков и по выручке лидерами являются китайские марки оборудования. А в рейтинге по средней стоимости импортируемого оборудования первые позиции у европейских производителей с единичными поставками в Россию, но очень дорогого оборудования, что подтверждает наличие спроса у покупателей и на высоко-технологичное оборудование. Мы это видим и по запросам наших клиентов, ориентированных на увеличение планов производства, а значит, и заинтересованных в расширении парка оборудования, повышении эффективности производственных и технологических процессов. Таким образом, дополнительный спрос действительно есть, и мы уверенно готовы его удовлетворять.

Рост спроса, конечно, отразился на итогах работы прошлого года, но нельзя сказать, что по всем показателям произошёл рост. Поскольку для высокоточного станочного оборудования характерны длительные сроки производства и поставки, то основные результаты по реализации оборудования и вводу его в эксплуатацию будут достигнуты в текущем году, а в прошлом произошло лишь заключение контрактов.

Что касается новой продукции — да, мы дополнили товарные портфели новыми продуктами. В основе сво-

ей сегодня мы продвигаем оборудование от производителей из дружественных стран — Китая, Индии, Турции. Традиционно наша компания предлагала своим клиентам неординарные и прогрессивные технологические решения, которые мы строили на базе высокотехнологичных станков. В новой реальности мы стараемся максимально использовать весь возможный функционал доступного к поставке оборудования и предлагать своим клиентам нетривиальные, готовые технологические решения на базе этих станков. Конечно, добавилось работы у технологов, но мы с уверенностью можем сказать, что и на основе китайских и индийских станков вполне возможны актуальные и высокопроизводительные технологии обработки, включая и автоматизированные решения.

Про развитие отечественного станкостроения очень хотелось бы ответить, что мы все сможем сами. Но, увы, объективно пока без поддержки наших азиатских партнеров нам не справиться. Ведь, несмотря на активное развитие программ импортозамещения, российские станкостроители пока не могут производить станков более 30% от объема спроса на них. Здесь много факторов отрицательного влияния: ограничения по производственным и технологическим ресурсам, по ввозу импортных комплектующих, дефицит НИОКР, нехватка специалистов в отрасли и многое другое. Но не бывает ничего невозможного, если есть задача и желание ее выполнить. Вот и наша компания продолжает работу над проектом по созданию собственного токарного обрабатывающего центра. Последняя наша разработка предполагает использование исключительно российских комплектующих. И мы надеемся, что новый станок станет частью возрождения истинно российского станкостроения и послужит технологической независимости и инженерному суверенитету нашей страны.

Станкостроительный завод «ПЛОТ»



Семён Романов,
учредитель ООО «Плот»

Дополнительный спрос возник из-за ухода европейских, американских и других производителей. Удовлетворять его мы готовы и готовы расширяться, чтобы успевать за растущим спросом. Но есть вопрос по скорости расширения, ограниченности финансовых ресурсов, и вообще требуется немалое время на увеличение производственных площадей. Кроме того, в стране остро стоит кадровый вопрос по техни-

ческим специальностям.

Рост спроса, конечно отразился на итогах нашей работы. Если сравнить с 2021 годом, объем производства и оборот компании в 2022 году выросли более чем в три раза.

Новую продукцию для рынка мы готовы разрабатывать и предлагать, но на это требуется время и ресурсы. В станкостроении все происходит не так быстро. Чтобы вывести на серийное производство новую модель оборудования уходит приблизительно 1,5 года. Мы уже занимаемся проработкой выпуска нового оборудования и запланировали проектирование и дальнейший выпуск двух пятиосевых обрабатывающих центров и токарного станка продольного точения.

Шанс на замещение импорта у российских станкостроителей есть, но на это потребуются годы и напряженная работа. Кроме того, ограниченность в финансовых и кадровых ресурсах является на сегодня существенным барьером на пути быстрой реализации программы импортозамещения.

Мы равняемся на «Хаас»



Сделано в России
Made in Russia



Обрабатывающие центры с ЧПУ по металлу российского производства

- фрезерные
- токарные
- токарно-фрезерные

22–26 мая приглашаем на выставку
«Металлообработка-2023», г. Москва, «Экспоцентр»
павильон 8, зал 2, стенд А80



E-mail: info@plot.website
Тел.: +7 (495) 369-45-14
Сайт: www.plot.website

ЗАО «Липецкий станкозавод «Возрождение»



Анатолий Лукьянов,
заместитель генерального
директора по маркетингу

Шквал заказов на российских станкостроителей постоянно усиливается, объём требуемых всей промышленности в целом, и ОПК в особенности, станков, запчастей, услуг по ремонту и модернизации уже имеющихся станков постоянно возрастает, и он во много раз превышает имеющиеся суммарные мощности российских станкостроителей. Не редкость приём заказов на 2025 год, поскольку уже исчерпаны возможные объёмы производства

в 2023–2024 годах, всё это следствие полного отсутствия за последние десятилетия внятной политики в сфере станкостроения: не смотря на отдельные успехи, в целом шёл процесс деградации отрасли и, что существенно, потеря имеющихся компетенций, кадров всех уровней, проектных структур, основных фондов отрасли.

Безусловно, в настоящее время и наш завод, и другие оставшиеся в стране структуры увеличили объём производства: что касается нашего завода, это где-то 25% к уровню 2021 года, разработаны и освоены новые модификации станков, но это почти предел: в Липецке реально не выпускаются вузами специальности в сфере машиностроения: нет технологов-машиностроителей, электриков, конструкторов по механике и электрооборудованию, крайне незначителен объём подготовки специалистов рабочих специальностей, свободных кадров всех специальностей на рынке труда совершенно нет.

Станкостроители ждут от правительства, региональных властей кардинальных мер по оснащению отрасли кадрами: это могут быть программы по образцу «земский доктор», где пришедшему на требуемую специальность выплачивается разовая сумма в пределах до двух млн руб. при условии отработки в отрасли не менее 5 лет, специальные стипендии студентам в размере среднеотраслевой зарплаты, но при условии обязательного распределения на срок до 5 лет, целевые субсидии на расширение производства, воссоздание проектных и проектно-технологических институтов и т. д.

В последнее время также наблюдается негативная тенденция по сокращению выпуска требуемых отрасли комплектующих: прекращён выпуск гидравлических регулируемых насосов, упал выпуск насосов для подачи СОЖ, ШВП, подшипников и т. д. — всё это наряду с прочими факторами тормозит нормальную работу отрасли.

По-прежнему значительная часть станкостроителей, несмотря на сопротивление Минпромторга, считает необходимым создание структуры, аналогичной ранее существовавшему Минстанкопрому, которая могла бы координировать, планировать и финансировать развитие отрасли — немногие помнят, что при существовании такой структуры наша страна была в тройке лидеров и по производству, и по экспорту металлорежущих станков, полностью обеспечивала себя деревообрабатывающими станками (сейчас эта отрасль практически исчезла).

И я, и большинство действительно работающих в стране станкостроителей (не тех, что перепродают китайские и индийские станки, а реально их производят) ожидаем

конструктивной беседы с компетентными специалистами в правительстве на эти темы в рамках выставки «Металлообработка-2023» в Москве с 22 по 26 мая 2023 года.

Компания 3DVision



Илья Виноградов,
генеральный директор

Компания 3DVision занимается комплексной поставкой оборудования для изготовления деталей из различных металлических сплавов методом аддитивных технологий. Уже несколько лет мы представляем на российском рынке не оборудование производства Европы или США, а китайскую компанию E-Plus3D, которая является одним из общепризнанных лидеров в сфере аддитивных технологий. Отмечу, что общий объём рынка Китая

в сфере аддитивных технологий в 2022 году показал ошеломительный рост и на данный момент находится на первом месте в мире.

С учетом изменения вектора поставки оборудования на территорию России у нас действительно появилось гораздо больше проектов, т. к. и сами российские предприятия стали более активно внедрять металлическую 3D-печать в свои производственные процессы, и конкуренция стала значительно ниже — многие поставщики на данный момент не смогли перестроить свои логистические каналы поставок и подобрать альтернативное оборудование, отвечающее запросам заказчика.

Мы же готовы удовлетворить спрос наших клиентов. 3DVision не только предоставляет оборудование, но и внедряет новые технологии в инженерные процессы предприятия благодаря опыту собственного производства, которое является одним из крупнейших в аддитивном сегменте нашей страны. Мы имеем полную поддержку нашего партнера в Китае, который также постоянно развивается — выпускает новое оборудование и увеличивает объёмы производства.

Конечно, выросший спрос в 2022 году отразился как на финансовых показателях компании в позитивном ключе, так и на ее развитии. Штат компании за 2022 год увеличился на треть и сейчас в направлении аддитивных технологий задействовано более 40 человек. Естественно, из-за этого возникла дополнительная нагрузка, т. к. внедрение любого сотрудника в столь сложную отрасль требует времени, но мы с чувством выполненного долга закончили 2022 год и с оптимизмом смотрим на 2023, тем более что первый квартал уже дал нам большое количество клиентов и мы приступили к выполнению новых интересных проектов.

По новой продукции. Наш партнер компания E-Plus3D постоянно развивает качество своей продукции и расширяет возможности аддитивных технологий. Буквально в конце прошлого года было презентовано новейшее оборудование для 3D-печати металлическими сплавами с зоной построения более 1 метра. Для увеличения скорости работы в машину интегрировано 9 лазеров, которые работают параллельно. В том числе и по нашим просьбам в линейке продукции появился новый типоразмер оборудования, который оптимально подходит для тех задач, которые сейчас ставит перед собой российская промышленность. Конечно, будут новинки и в этом году. Мы обязательно

расскажем про них сразу после официальных презентаций новых продуктов. Наши заказчики могут быть уверены, что 3D Vision вместе со своими партнерами предлагает только лучшее оборудование и самые современные технологии, не забывая при этом поддерживать всех своих клиентов, которые купили 3D-принтеры для печати металлами много лет назад.

Что касается шансов отечественных производителей: компания 3D Vision тесно сотрудничает со многими из них и представляет в сфере аддитивного производства по SLM-технологии отечественного разработчика — компанию ONSINT. В прошлом году нами было реализовано несколько проектов по внедрению данного оборудования в сфере научных разработок, и 3D-принтеры ONSINT прекрасно показали себя для этих задач. В этом году мы планируем также внедрять их в производственные процессы предприятий средней руки и различных ОКБ. Для крупных промышленных предприятий мы оставляем бренд E-Plus3D как основной, надеясь, что отечественные производители смогут в ближайшем будущем также производить промышленное оборудование подобного размера и надежности.

Мы прекрасно понимаем возможности каждого из представляемых нами брендов и стараемся оптимально использовать 3D-принтеры каждого производителя, исходя из его технологического развития на данный момент, ведь невозможно за несколько лет пройти тот путь, который тот же E-Plus3D проходит уже более десяти лет.

Наше мнение заключается в том, что за счет азиатских и отечественных производителей можно закрыть все потребности аддитивного рынка в России без использования параллельного импорта оборудования, оставив его только для узкоспециализированных материалов, в основном производства США.

Компания «МС Метролоджи»

Мы смогли завершить год с позитивными показателями по прибыли, подтвердив свою финансовую устойчивость и стабильность, которая продолжается уже более 10 лет. Также мы создали заделы на будущее для реализации нашего потенциала.

В конце 2022 года начал восстанавливаться спрос, появились новые проекты. Есть специализированные



Максим Каневский,
генеральный директор

измерительные машины, над которыми мы сейчас работаем. Они будут доступны нашим клиентам чуть позже. Также мы усиливаем компанию и набираем сотрудников в разные подразделения, чтобы быть готовыми к будущему росту. У нас сильная команда, отличные условия для работы и большой потенциал для развития.

Мы постоянно работаем над новыми предложениями. В 2022 году были запущены продажи измерительного оборудования Integra. Это контурографы, профилометры, кругломеры, координатно-измерительные машины, видеомикроскопы. В этом году мы начали продажи лазерных сканеров, включая роботизированные машины. В ближайшее время наша компания запустит продажи мостовых координатно-измерительных машин с диапазоном измерений до 16000 мм: такие машины востребованы в аэрокосмической отрасли. Мы разрабатываем и предлагаем автоматизированные измерительные ячейки, включая роботов и другие элементы автоматизации.

Именно в сложные периоды технологическое развитие отраслей промышленности происходит с удвоенной силой. На многих российских предприятиях активизируются программы по разработке новых технологий, оборудования, способных вывести производственные процессы на качественно новый уровень. Сейчас наблюдается большой интерес у промышленников к измерениям. И, безусловно, шанс у российских производителей измерительного оборудования есть.

Для реализации этого потенциала нужны усилия со стороны производителей и инвесторов, включая государство. Перед ним стоит три задачи: предоставить ликвидность, обеспечить безопасность вложений и снять как можно больше регуляторных барьеров и преград, мешающих бизнесу производить продукцию. Я уже много раз говорю про сертификацию средств измерений: эту систему нужно срочно менять. Но мы видим позитивные сигналы и поддержку со стороны государства. Думаю, нам нужно продолжать работу в этом направлении, и результаты будут.

ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ КАК ДРАЙВЕР ПЕРЕХОДА К ИНДУСТРИИ 5.0



21 июня 2023 года в Санкт-Петербурге состоится Инженерное собрание России — форум «Цифровой инжиниринг как драйвер перехода к Индустрии 5.0» и выставка, посвященные вопросам инжиниринга новых инженерно-технических решений, обеспечивающих рост эффективности отечественной промышленности.

Организаторами форума выступают: НА «Кластер высоких технологий и инжиниринга СЗФО РФ «Креономика» и Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

Участниками традиционно станут эксперты в области инжиниринга, руководители промышленных предприятий, главные инженеры, конструкторы, технологи, технические специалисты, производители ПО для программирования, проектные институты, технопарки и бизнес-инкубаторы, крупнейшие научно-исследовательские институты, представители органов государственной власти и многие другие.

Место проведения: Научно-исследовательский корпус «Технополис Политех» СПбПУ, Политехническая улица, 29 АФ, г. Санкт-Петербург.

Оргкомитет: (812) 644-01-26, rudakova.t@creonomyca.spb.ru

Регистрация посетителей на сайте: <https://engassembly.ru/>

ООО «СТМ», официальный дистрибьютор Han's Laser в России



Сергей Масюков,
генеральный директор

По итогам 2022 года объем поставок сверхнадежных и производительных лазерных комплексов значительно вырос. Мы как компания «СТМ», официальный эксклюзивный партнер Han's Laser в России, тоже развиваемся: увеличили склад расходников и запчастей, расширили сервисную службу, работаем в постоянном контакте с инженерами компании для повышения уровня компетенций, решаем любые вопросы

клиентов. Причина успеха и повышенного спроса на лазерное оборудование, в том числе на лазерные труборезы и системы промышленной автоматизации, кроется в клиентоориентированности, премиум-качестве, а также в стремлении увеличить производительность. Именно сейчас, когда предприятия особенно нуждаются в высокотехнологичных решениях, их сполна готов предоставить завод Han's Laser. Большие объемы продаж Han's Laser поддерживает регулярными прорывными технологиями в области лазерной резки. Только за 2022 год таких было несколько: представлен новый лазерный труборез XXL-формата, способный обрабатывать трубы длиной до 12 м, сечением до 500 мм и весом до 1500 кг. Выведен на рынок новый флагманский станок для раскроя листа 50 кВт, с ускорением 5G и скоростью до 300 м/мин, а также уникальная технология Bevel (резка под углом). Первый станок 15 кВт с функцией Bevel уже запущен на заводе клиента ООО «ПП Анкор».

Доверие к бренду и станкам Han's Laser за последние годы значительно выросло благодаря нашей работе и отлично зарекомендовавших себя станков, которые работают в режиме 24/7 без остановок на сервис и ремонт. Доказательством этому служит тот факт, что много клиентов заказывают сразу 2–3 станка в одной поставке, чтобы получить лучшие условия. Стоит отметить, что основной рост объемов поставок за прошедший год пришелся именно на сегмент средней и высокой мощности — это 12 и более кВт. Так, например, заключены контракты с предприятием «КурганСтальМост» на поставку двух станков мощностью 20 кВт, идет установка лазерного комплекса с источником 4 кВт и системой автоматизации на предприятии «Индустриальный парк», повторные поставки станков с мощностью 12 кВт и выше. Сейчас тенденция на приобретение станков высокой мощности стремительно набирает обороты! И клиенты не боятся рискнуть и купить лазерное оборудование высокой мощности, так как уже сейчас конкуренция такова, что те, кто работают на лазере с мощностью менее 12 кВт, проигрывают в два, а то и в три раза по производительности, скорости и по себестоимости за единицу.

Спрос на автоматизацию — это тоже уже устойчивая тенденция. Наши заказчики все чаще предъявляют спрос именно на автоматизированные решения, причем это в одинаковой мере распространяется и на листовые, и на трубные лазеры. Если раньше брали совсем простые машины, то экономическая оптимизация и уход от человеческого фактора побуждает брать полностью автоматизированные комплексы.

В 2023 году Han's Laser продолжает активно наращивать производственные мощности, модернизировать и создавать лазерное оборудование топ-уровня, чтобы быть первопроходцем и развиваться в ногу со временем с нашими клиентами.

ООО «СТМ Машиностроение»



Сергей Сокрутов, директор компании (слева),
Андрей Бычихин, коммерческий директор (справа)

Мы видим, что машиностроение имеет тренд к сокращению оборотов. Но в оборонной промышленности все с точностью до наоборот. И важно отметить, что говорить о стагнации справедливо только в плоскости государственных предприятий, частные же во всех востребованных промышленных отраслях развиваются как никогда. И как раз частные заводы и фабрики особенно нацелены на качество и автоматизацию.

Нам интересно помогать предприятиям реализовывать сложные проекты в рамках подхода «один проект — одна компания». До этого мы часто встречали истории, когда компании выполняют какой-нибудь один этап проекта клиента, а потом передают его другому подрядчику. Работу такой цепочки сложно контролировать, и результат может быть непредсказуемым. Мы же ведём проект на всех этапах: от закупки материалов до пуска готового оборудования.

По итогам 2022 года количество заявок возросло. Увеличилось не только количество изготовленных деталей, но и ассортимент. В связи с этим мы добавили новые направления в части механической обработки, расширили парк оборудования и внедрили современные средства изготовления и контроля продукции.

Мы располагаем возможностями как для воспроизведения или модернизации уже действующего оборудования, так и для проектирования новых образцов продукции, в том числе и уникальных. Мы готовы предложить разработку нестандартного промышленного оборудования для серийного производства, спрос на который, по нашим оценкам, будет расти в 2023 году.

России сейчас нельзя зависеть от импорта, и исключений здесь нет. Сегодня некоторые зарубежные производители дают нам гарантии, а завтра все может в момент измениться. А любой дефицит вызывает эффект бабочки. Необходима локализация производства оборудования и запчастей непосредственно в нашей стране. И для этого у нас есть все ресурсы. Мы вплотную работаем над импортозамещением и видим, что перспективы есть. Главное — человеческий фактор и финансирование.



- Сверхпрочная конструкция с направляющими скольжения
- Всегда двигаемся вперед · Гарантия качества
- Превосходная производительность
- Максимальные производственные возможности
- Все машины разработаны и изготовлены на ТАЙВАНЕ

GSM всегда предлагает надежную поддержку и сервис

Вертикальный фрезерный станок с ЧПУ



GSM-1510S



GSM-3000S



GENG-SHUEN CO., LTD.

E-mail: genshu@ms55.hinet.net <https://www.gsm-cnc.com.tw>








WhatsApp

HANN KUEN MACHINERY AND HARDWARE

Шпиндели для сверления, фрезерования, нарезания резьбы,

Show Room : www.hardyvr.com



Дрель с сервоприводом /
резьбонарезная головка



Головка со встроенным
двигателем -
фланцевого типа



Сверлильно-фрезерная
головка / с ATC



Шпиндельная головка
со встроенным
электродвигателем



Сервопривод XYZ скольжения
+ фрезерная головка



XZY осявая шпиндельная
головка с сервоприводом



Встроенный шпиндель



Шпиндель с
ременным приводом



Охлаждение шпинделя
с ремennым приводом



Шпиндель с
прямым приводом



Центральный шпиндель /
подшипниковые
направляющие



3х-кулачковый шпиндель
+ слайд блок



HANN KUEN MACHINERY AND HARDWARE CO., LTD.

No. 22, Liou Shun Rd., East District, Taichung City 401, Taiwan
Tel.: +886-4-2486-0602 Fax: +886-4-2486-0605 E-mail: hann.kuen@hardy.com.tw <https://www.hardy-tw.com>



LINE ID: [hann.kuen](https://www.hardy.com.tw)



Show Room
www.hardyvr.com



ЭКСПЕРТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО БЮДЖЕТНОМУ ОСНАЩЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВА

Машиностроители часто сталкиваются с проблемой выбора металлообрабатывающего оборудования. Важно и качественно решить производственные задачи, и не переплатить при этом. Вопросы объема инвестиций сегодня встают остро — приходится экономить. Параллельно встают и проблемы импорта, ограничивающие ввоз высокотехнологичного оборудования для металлообработки.

Но оптимальное решение можно найти. Профессионалы в области технологического инжиниринга готовы помочь в этом. Для каждой задачи, для любого бюджета можно и нужно подбирать свой оптимальный вариант оснащения. Благодаря партнерству с дружественными производителями «Пумори-инжиниринг инвест» может предложить экспертные, высококласные и бюджетные решения.



Токарная обработка	Фрезерная обработка
HEADMAN (Китай)	PRIMINER (Китай)
Компания основана в начале 90-х годов группой инженеров, применявших собственный опыт и современные технологии, наработанные при проектировании и изготовлении высокоточного оборудования в Японии	Компания основана в 2001 году командой профессионалов, имеющих большой опыт в области немецкого станкостроения
Основная продукция	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Токарные станки с ЧПУ ✓ Токарные обрабатывающие центры: горизонтальные и вертикальные ✓ Роботы и автоматические подающие устройства ✓ Комплексные автоматические линии 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 3-осевые фрезерные обрабатывающие центры ✓ 5-осевые фрезерные обрабатывающие центры ✓ Портальные обрабатывающие центры ✓ Высокоскоростные обрабатывающие центры ✓ Специальные отраслевые решения
Применяются в транспортном машиностроении, автомобилестроении, приборостроительной, аэрокосмической, медицинской сфере	Для аэрокосмической, медицинской, литейной промышленности, автомобилестроения, общего машиностроения и др.
Оборудование обеспечивает экономичные и эффективные решения для любых по сложности деталей, применяются нестандартные компоновки и широкий опционал станков	

При всех своих технических достоинствах китайские станки имеют немаловажное качество — вполне демократичную стоимость. Обращайтесь к нашим специалистам, и мы подберем станок именно для вашего производства!

Экспертные решения задач машиностроения от «Пумори-инжиниринг инвест» обеспечат эффективность вашего производства.

ООО «Пумори-инжиниринг инвест»
620085, Россия, Екатеринбург, ул. Монтерская, стр. 3, оф. 105
Тел.: (343) 287-47-87; www.pumori-invest.ru



ЭЛЕКТРОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОСНАСТКОЙ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

Корпорация «Пумори» — единственный в России производитель высокопроизводительного вспомогательного инструмента и оснастки для станочного оборудования. Продукция выпускается под брендом «Пумори» и полностью соответствует всем мировым стандартам при более доступной цене и коротком сроке доставки; производство и склад расположены в Екатеринбурге.

Цифровизация и внедрение современных технологий в производство подтолкнуло наших конструкторов к усовершенствованию расточных систем, и таким образом появилась инновационная разработка, не имеющая аналогов в мире, — электронная расточная система PUMORI для чистовой обработки. Уникальность новой системы в том, что внутри самой головки находятся оптическая линейка и пара проводов, выведенных на пылевлагозащищенный разъем. Вся электроника размещена в выносном пульте. Таким образом, перед настройкой головки пульт вставляется



в разъем головки и фиксируется при помощи встроенных магнитов. Затем, вращая лимб и перемещая ползун, мы можем по табло пульта отслеживать фактическое перемещение ползуна с резцом. Точность настройки при помощи электронного пульта 1 мкм на диаметр. Тот факт, что вся электро-

ника вынесена за пределы головки, позволяет избежать дополнительных мер по пыле- и влагозащите головки, дополнительной балансировки головки. Головка сохраняет высокую устойчивость к ударам и сотрясениям; кроме того, одного пульта достаточно для настройки всех имеющихся в наличии электронных головок.

Расточные системы поставляются как отдельно, так и комплектом в виде переносных наборов. Комплект включает в себя все необходимое для чистовой обработки различных диапазонов и поставляется в удобном пластиковом кейсе.

ООО «Техтрейд» — единственный поставщик инструмента «Пумори» на территории РФ и СНГ.

Более подробно с этой и другой продукцией «Пумори» вы сможете ознакомиться на выставке «Металлообработка-2023» (стенд 22С10-22D10).

ООО «Техтрейд»
Тел.: (343) 287-00-41, 287-30-65
tools@pumori.ru, www.techtrade.ru

ШЛИФОВАНИЕ С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ

Компания «Пумори-северо-запад» поставляет металлообрабатывающее оборудование турецкой станкостроительной компании Dener.

Прецизионный плоскошлифовальный станок DNR с ЧПУ серии TGH способен обеспечивать плоское, продольное и вырезное шлифования с максимальной точностью обработки.

Преимущества шлифовального оборудования DNR:

- Вертикальное и поперечное перемещение, приводимое в действие серводвигателем переменного тока.
- 10-дюймовая удобная сенсорная панель.
- Гидравлическая система управления продольными перемещениями.
- Сверхточные прочные жесткие валы с прямым приводом без люфта, расположенные в нескольких местах.
- V-образные направляющие, закрытые защитным кожухом, обеспечивающие более тонкую шлифовку.
- Направляющие призматической коробки, обработанные вручную, позволяющие получить наилучшую шлифовальную поверхность.

Опытные специалисты компании «Пумори-северо-запад» подберут лучшее решение для вашего произ-



водства, служба сервиса компании осуществляет пусконаладку оборудования, гарантийное и постгарантийное обслуживание, обучение персонала заказчика.

ООО «Пумори-северо-запад»
Тел.: +7 (812) 670-70-26,
marketing@pumorinw.ru, www.pumorinw.ru

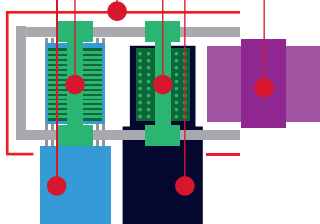
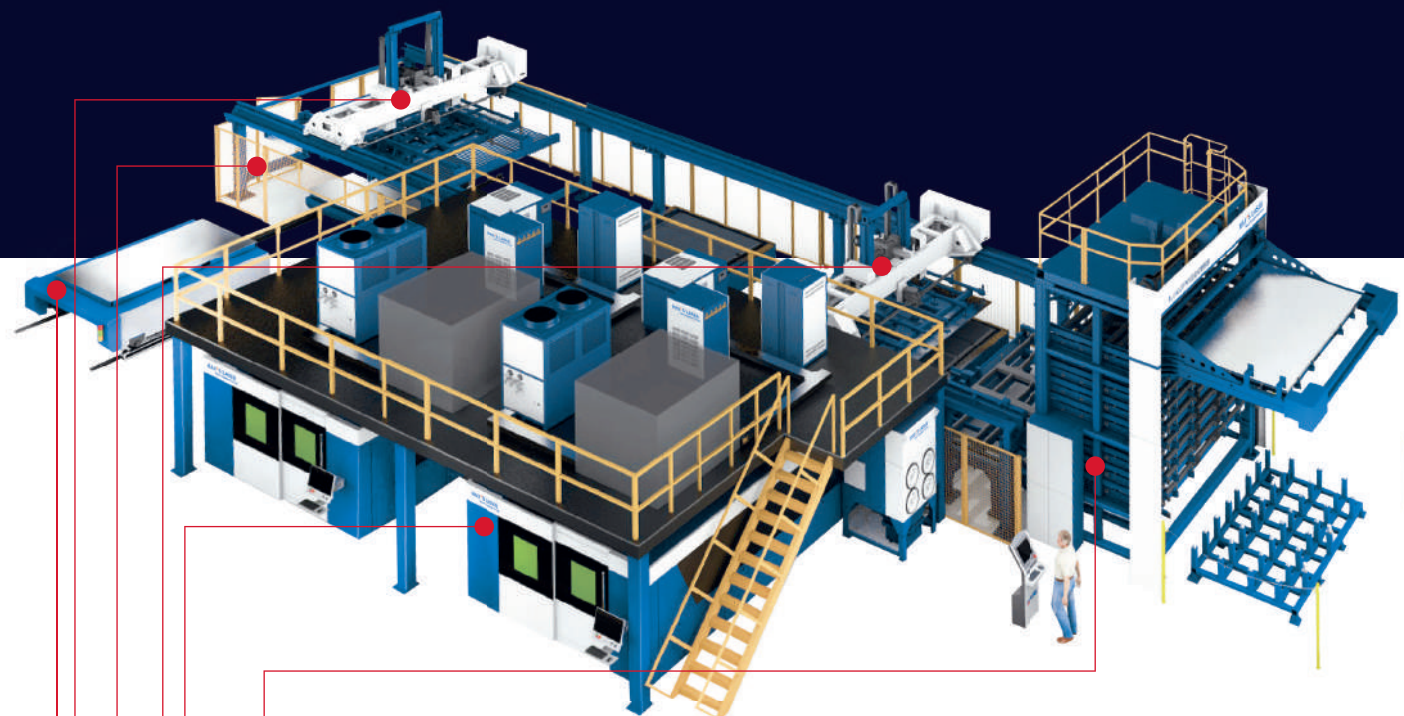


Приглашаем посетить стенд корпорации «Пумори» на выставке «Металлообработка»: г. Москва, ЦВК «Экспоцентр» павильон 2-2, стенд 22С10–22D10 с 22 по 26 мая 2023 г.

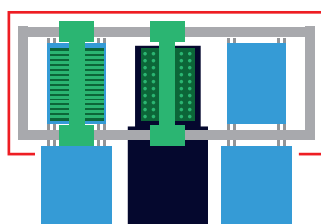
Промышленные системы автоматизации лазерной резки



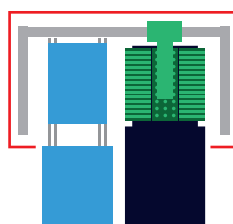
Сделай шаг в Индустрию 4.0 с Han's Laser!



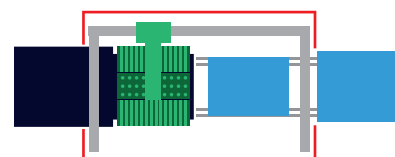
Серия ALU
Расположение с башней для хранения и загрузки материала и двумя тележками для разгрузки



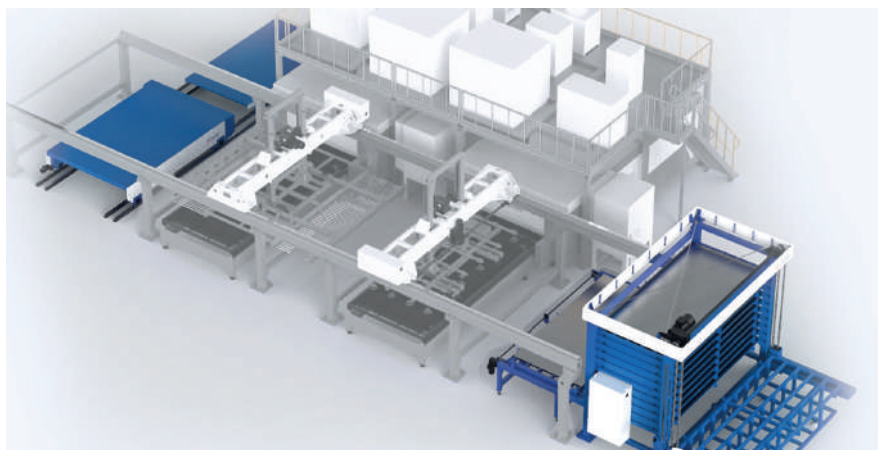
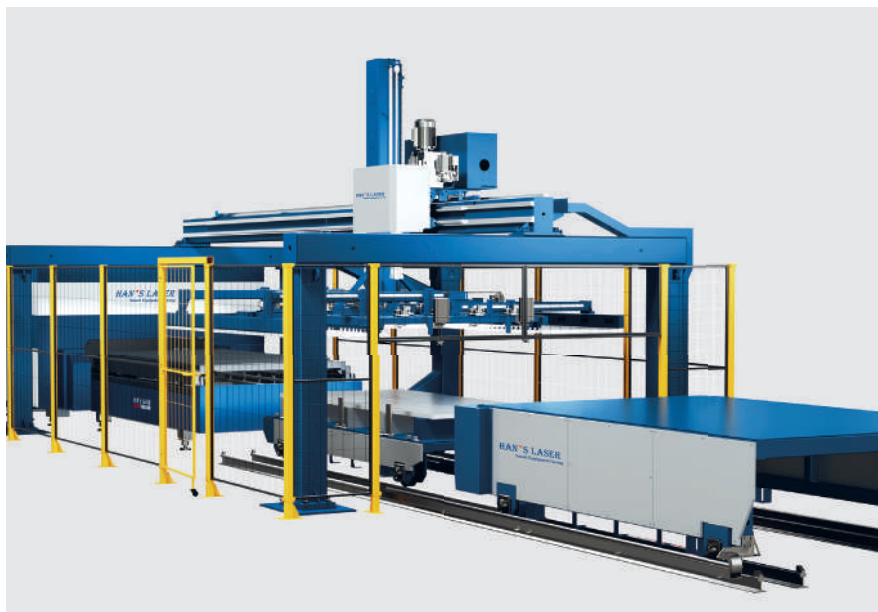
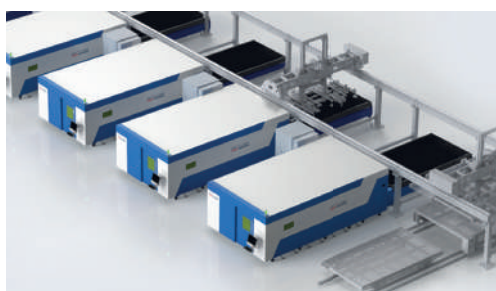
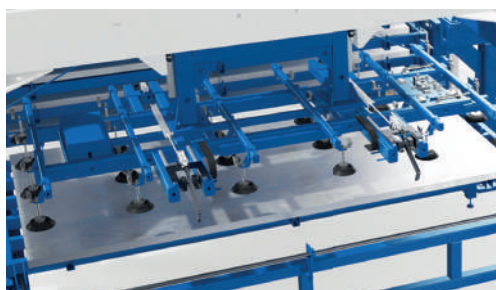
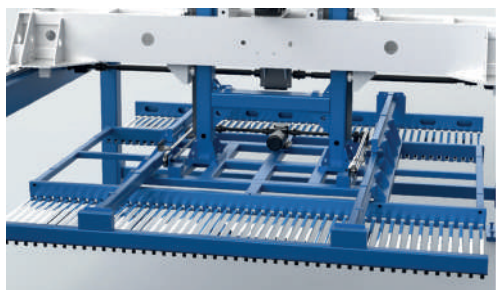
Серия ALU
Расположение с двумя тележками для загрузки и двумя тележками для разгрузки материала



Серия SLU
Расположение с двумя тележками для загрузки и разгрузки материала параллельно станку



Серия SLU
Расположение с двумя тележками для загрузки и разгрузки материала «в линию»



CTM ::

Эксклюзивный
партнер
Han's Laser в России!

8 800 550 04 69

www.hanslaser.stm-ru.ru

Линейка SLU – это комбинированная автоматизация отдельного станка Han's Laser для повышения производительности и снижения непроизводительных простоев. Система сочетает в себе автоматическую загрузку и выгрузку листового металла, а также уже готовых деталей. Серия SLU предназначена для автоматизации станка с рабочим полем 3000 × 1500 или 4000 × 2000 мм.

Линейка ALU – это полностью автоматизированная производственная линия для машин лазерной резки Han's Laser. Она применяется как для двух-трех машин лазерной резки, так и для нескольких десятков станков. Компоновка серии ALU подбирается по техническому заданию клиента и имеет максимальную гибкость.

Автоматизация — главный вектор роста производительности

После ухода с рынка европейских и японских производителей станков для лазерной резки Han's Laser нарастил свои продажи в России. Как при этом изменилась структура спроса на оборудование для лазерной резки? На этот и другие вопросы любезно согласился ответить Сергей Масюков, генеральный директор ООО «СТМ» — эксклюзивного дистрибутора Han's Laser в России.

Продажи станков Han's Laser для лазерной резки у вас выросли. Как при этом выглядит динамика спроса на решения по автоматизации?

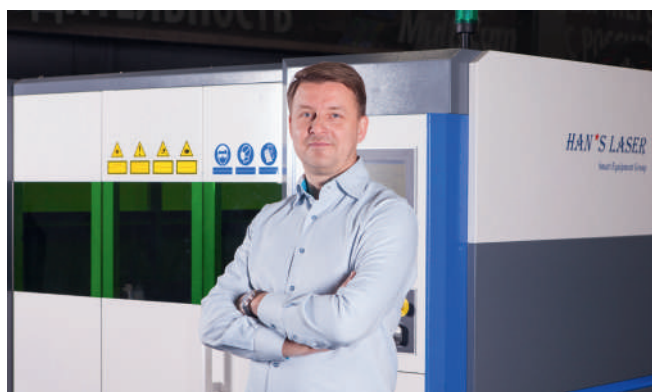
Спрос на автоматизацию — это уже устойчивая тенденция. Наши заказчики все чаще предъявляют спрос именно на автоматизированные решения, причем это в одинаковой мере распространяется и на листовые, и на трубные лазеры. Если раньше брали совсем простые машины, то экономическая оптимизация и уход от человеческого фактора побуждает брать полностью автоматизированные комплексы.

Какие процессы подлежат автоматизации?

Для резки трубы это одни решения, для резки листа — другие, потому что, естественно, у них разные системы подачи заготовок в рабочую зону и удаления порезанного изделия из зоны резки. Причем это минимальный вариант автоматизации. На классическом производстве листы загружают при помощи кран-балки или манипулятора. Представьте себе, сколько на это требуется времени. Сначала надо подождать, пока подъедет манипулятор, возьмет лист из стопки и загрузит его. Что происходит в это время с дорогостоящим лазером? Правильно, он ждет, а точнее, простаивает. Если решение подачи листа автоматизировано, то система адресного хранения, где лежит несколько стопок листа разной толщины, сама определяет, лист какой толщины она режет и как его подать. Оператор в таких условиях может работать и на двух, и на трех станках одновременно.

Сколько решения по автоматизации прибавляют к цене комплекса базовой комплектации?

Есть простые системы автоматизации, фактически кран, который будет брать пачки листа и закладывать на стол, а есть более сложные, связанные с хранением, когда роботы везут заготовки на несколько станков, — всё зависит от пожеланий клиента. Простые системы добавляют 10–15% к стоимости станка, а сложные системы могут удвоить его стоимость, но затем принести ощутимую экономическую выгоду. Такие системы предполагают несколько линейно установленных станков, несколько башен хранения, загрузку и снятие готовых изделий при помощи робота. Один клиент у нас рассматривал 32 башни хранения суммарно на более чем 400 позиций. Автоматизация полностью убирает ошибки как результат человеческого фактора, но главное — мы сокращаем простои оборудования, что напрямую влияет на снижение себестоимости. Надо понимать, что современные станки режут очень быстро, и если процессы погрузки-выгрузки не автоматизированы, то это быстродействие, за которое были заплачены хорошие деньги, утрачивает смысл.



У вас есть конкретные истории ваших клиентов, которые экономически выиграли от внедрения автоматизированных решений?

Конечно. Например, на заводе АО «Чувашторгтехника» из Чебоксар был поставлен комплекс лазерной резки G3015HF 4 кВт с системой комплексной автоматизации ALU 3015B. АО «Чувашторгтехника» производит профессиональное кухонное оборудование, и перед специалистами Han's Laser дополнительно была поставлена задача на выходе иметь детали с идеальной поверхностью, без царапин и других дефектов. Все задачи, поставленные клиентом, были выполнены, прирост производительности составил 30%, что позволило значительно ускорить окупаемость инвестиций.

Когда вы делаете коммерческое предложение клиенту, как вы формулируете преимущество комплекса с автоматизацией?

На самом деле тяга к автоматизации началась в стране 4–5 лет назад, но уход европейских конкурентов с рынка стал катализатором решительного изменения умонастроений в пользу автоматизации. Объемы, которые сейчас упали на российскую промышленность после ухода зарубежных компаний, диктуют новые правила игры. Ты не можешь увеличить свое производство в 2–3 раза, ничего не меняя. Автоматизация — это жизненная необходимость. На пороге и другие решения, сейчас надвигается технологический бум на использование роботов-хелперов. Придет этот бум и в Россию.

Как рост спроса на решения по автоматизации отражается на кадровом составе вашей компании?

В прошлом году мы усилили нашу сервисную службу, и в этом году взяли еще четырех инженеров. Оборудование сложное, пусконаладкой одного комплекса занимаются два-три инженера. В автоматизированном комплексе 2–3 сложных системы, которые надо синхронизировать так, чтобы они работали как часы. Не должно быть конфликтной ситуации, когда робот привозит лист, а стол занят чем-то другим. В реальном производственном процессе один лист режется 20 секунд, а второй — 20 минут, и под каждый лист надо подстроиться. Работа сложная, но у нас мощная служба сервисной поддержки, где собраны инженеры высочайшей квалификации. Автоматизированную серию будем показывать в мае на выставке «Металлообработка», и там можно будет оценить и достоинства оборудования, и квалификацию наших специалистов. Скажу сразу: оборудование недешевое. Клиенты, которые готовы к приключениям, могут поискать подешевле, кто настроен на устойчивую бесперебойную работу, выбирают Han's Laser.

УСТАНОВИ СНЭ! ПРЕДОТВРАТИ ПОЛОМКУ СТАНКА

Нестабильность работы электросетей — совсем не редкость, и не только в отдаленных регионах, но и в Московской области и даже в Москве. Это может коснуться каждого!

➤ В 2021 ГОДУ СЛУЧИЛСЯ ПОЖАР НА ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ, ИЗ-ЗА АВАРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВО ВСЕМ РАЙОНЕ БЫЛО ОТКЛЮЧЕНО...

Больше проблем может принести даже не отсутствие электроэнергии, а ее резкое и кратковременное отключение. Если такой сбой произойдет в процессе работы станка с ЧПУ, последствия могут быть самыми неприятными. Например, выйдет из строя револьвер на токарных станках, на фрезерных станках — шпиндель, которые являются дорогостоящими запчастями, а сегодня еще и труднодоступными в России.

➤ В МАРТЕ 2023 Г. НА ОДНОМ ИЗ ЗАВОДОВ ВЫШЛИ ИЗ СТРОЯ СРАЗУ ДВЕ НОВЫХ ИМПОРТНЫХ ЛИНИИ ИЗ-ЗА СКАЧКА НАПРЯЖЕНИЯ, НА ДРУГОМ ПРОИЗОШЛА ПОЛОМКА КОМПЛЕКТУЮЩИХ ПО ТОЙ ЖЕ ПРИЧИНЕ.

Инженеры АО «Фирма «ПЕРМАНЕНТ К&М» разработали решение, которое поможет защитить ваше производство от непредвиденных перебоев с подачей электричества, выхода из строя оборудования, срывов сроков производства и финансовых потерь.

Мы предлагаем **системы накопления энергии (СНЭ)** для промышленных целей на базе литиевых аккумуляторов с BMS-системой, **ВСЁ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**. Данные СНЭ помогут уберечь дорогостоящее оборудование от выхода из строя из-за скачков напряжения, а также избавиться от одной из главных проблем предприятий — поиска и долгого ожидания запасных частей.



До недавнего времени, когда иностранные компании полноценно были представлены на российском рынке, предприятия не задумывались о серьезных последствиях поломки оборудования и запасных частей, представители иностранных производителей могли в любой момент приехать и организовать быструю поставку необходимых комплектующих и сервис. Сегодня ситуация резко изменилась и требует более тщательно анализировать и предотвращать возможные риски. Наша компания имеет 30-летний опыт поставки и сервисного обслуживания импортного оборудования (включая поставку комплектующих), и мы готовы делиться им с нашими клиентами.

Предлагаемое решение направлено на предотвращение проблемы, а не на устранение ее последствий. Ведь мудрость гласит: проблему легче предупредить, чем потом ее решать!

Перманент



АО «Фирма «ПЕРМАНЕНТ К&М»
Адрес: 125424 Россия, Москва,
Волоколамское шоссе, 73, офис 517
Телефон: +7 (495) 780-34-29 доб. 148
E-mail: info@permanent.ru
www.permanent.ru

РЕНОВАЦИЯ МАШИН ГАЗОВОЙ РЕЗКИ УСТАНОВОК НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ



В статье рассмотрены возможности импортозамещения при реновации машин газовой резки непрерывнолитых слитков в установках непрерывной разливки сталей, предназначенных как для эксплуатации существующего оборудования, так и для создания новой техники.

Евгений Николаевич Лычагин,
генеральный директор ООО МЗ «Сталь»
Александр Константинович Никитин,
главный конструктор ООО МЗ «Сталь»
Сергей Александрович Евсюков,
зав. кафедрой МГТУ им. Н.Э.Баумана, профессор, д.т.н.

Металлургия в досанкционный период была одной из базовых и динамично развивающихся отраслей промышленности Российской Федерации. Последние 25 лет российские предприятия металлургической отрасли проводили активное перевооружение производств. Большие инвестиционные средства вкладывались как в модернизацию существующих сталелитейных производств, так и в строительство новых сталелитейных минизаводов.

Большинство инвестиционных средств выделялось на закупки импортного оборудования, по ряду причин: комплексные поставки современного оборудования с передачей технологий, относительно небольшие сроки поставки и в подавляющем большинстве случаев льготные условия по оплате работ. При этом отечественные предприятия, не имея возможности обеспечить подобные условия, проигрывали тендеры и не получали заказов на разработку и изготовление аналогичного оборудования. В связи с этим предприятия, производящие технику для металлургических производств, пережили длительную стагнацию из-за невостребованности продукции, изготавливаемой ими. Большое количество отечественных предприятий, обеспечивавших технологическим оборудованием металлургические производства, перестало существовать, а те, которые сохранились, не имеют в достаточном количестве производственных мощностей и специалистов.

Тем не менее сложившаяся ситуация с санкционным воздействием, которая не позволяет иностранным фирмам поставлять продукцию в Россию, обеспечивает действующим отечественным предприятиям возможность восстановить компетенции, изготавливать и поставлять на металлургические предприятия оборудование собственного изготовления. Этому способствует и временной фактор, так как действующее оборудование на металлургические заводы было поставлено 10–20 лет назад, а значит, требует частичного или полного обновления.

На металлургических производствах в большинстве технологических процессов используется газовая резка металла. Одним из примеров является применение машин газовой резки в установках непрерывной разливки

сталей (МГР УНРС). В этой статье рассмотрим вопрос по обновлению (реновации) МГР УНРС на примере машин газовой резки для многоручьевых машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), выпускающих блюмы, круглые и сортовые квадратные заготовки (рис. 1, 2).

Сам процесс реновации машин газовой резки, применяемых для многоручьевых МНЛЗ, должен учитывать характерные особенности работы и условия их эксплуатации. Главная особенность их эксплуатации для резки заготовок из горячего металла заключается в тяжелых условиях, среди которых — высокие температуры разрезаемого металла, сильная запыленность, круглосуточная (в три смены) эксплуатация, минусовые температуры в цехах зимой и т.п. Этими факторами обусловлены жесткие требования к надежности оборудования и в то же время к простоте используемых конструкций, не требующих сложного ремонта. Также оборудование машин газовой резки должно быть приспособлено к работе в автоматическом режиме, иметь большой эксплуатационный ресурс при длительной безостановочной эксплуатации и иметь высокую степень ремонтпригодности. Однако наибольшая трудность реновации этих машин заключается в том, что на металлургических заводах представлено конструктивное многообразие этих машин с разными техническими и технологическими решениями, что делает невозможной унификацию. А так как заказчикам необходимо полностью повторить имеющуюся конструкцию, то реновация каждой МГР является индивидуальной, т.е. для каждой машины требуются индивидуальное изготовление узлов и деталей, закупка комплектующих, изготовление индивидуальной



Рис. 1. Фото МГР для четырёхручьевого МНЛЗ (блюм сечением 300х330 мм)



Рис. 2. Фото МГР для восьмиручьевого МНЛЗ (сортовая заготовка 150x150 мм)

оснастки и сборочных стапелей и т.п. Фотографии некоторых видов машин представлены на **рис. 3**.

Несмотря на вышеперечисленные проблемы, специалисты ООО МЗ «Сталь» (г. Воронеж) видят в этом свои плюсы. Конструктивное разнообразие машин и применяемых в них технических решений позволяет выделить оптимальные решения, которые можно будет доработать, применить в разработке собственной конструкции МГР и предложить металлургическим предприятиям изделие с высокой степенью унификации, которое заменит действующие МГР. Более того, такое решение позволит использовать в конструкции МГР комплектующие изделия, выпускающиеся на отечественных предприятиях.

Конструктивные особенности машин газовой резки, применяемые для порезки непрерывнолитых слитков, выпускаемых многоручьевыми МНЛЗ, определяются условиями их работы:

- машина должна двигаться параллельно слитку;
- температура слитка — 900 °С;
- в процессе перемещения машины со слитком производится порезка слитка;
- после перереза слитка машина должна вернуться в исходное положение;

- заготовка, отрезаемая от слитка, должна быть установленной длины;
- длина наибольшего хода машины определяется шириной шлаковой ямы.

Конструкция машины газовой резки состоит из следующих основных узлов (**рис. 4**): корпус машины; узел захвата слитка; узел продольного перемещения машины; узел перемещения резака; узел измерительного ролика. В связи с тем, что машина работает в зоне высоких температур, корпус машины, рычаги захвата слитка, резак и мерный ролик охлаждаются водой. Газовые коммуникации изготавливаются из металлорукавов с термозащитой, электрокоммуникации проводятся в высокотемпературных оплётках.

В корпусе машины располагаются: привод перемещения в продольном направлении, привод перемещения резака, привод захвата слитка, и сзади корпуса расположен измерительный ролик с пневмоприводом (только для МГР с мерным роликом).

Привод перемещения машины в продольном направлении (**рис. 5**) служит для возврата МГР в исходное положение после перереза слитка и состоит из мотор-редуктора с энкодером, вращающего ведущий вал, на котором установлены колёса, которые вместе колёсами, установленными на ведомом валу (осях), перемещают машину по рельсовому пути. У ряда машин, чтобы гарантировать движение без проскальзывания колёс, на ведущем валу устанавливается звёздочка, которая входит в зацепление с натянутой цепью или с рельсом со штырями, установленными с шагом, равным шагу зубьев звёздочки.

Механизм захвата слитка (**рис. 6**) имеет различные исполнения у разных типов машин. Можно выделить два варианта кинематического решения работы механизма. Первый вариант представляет вращение рычагов вдоль своей оси, второй вариант — перемещение рычагов в поперечном направлении к слитку (механизм «ножницы»). В обоих вариантах рычаги приводятся в движение пневмоприводом.



Рис. 3. Виды машин газовой резки

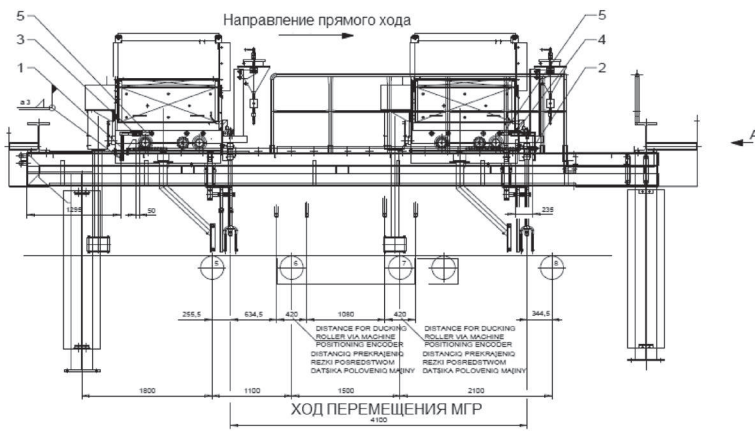


Рис. 4. Машина газовой резки

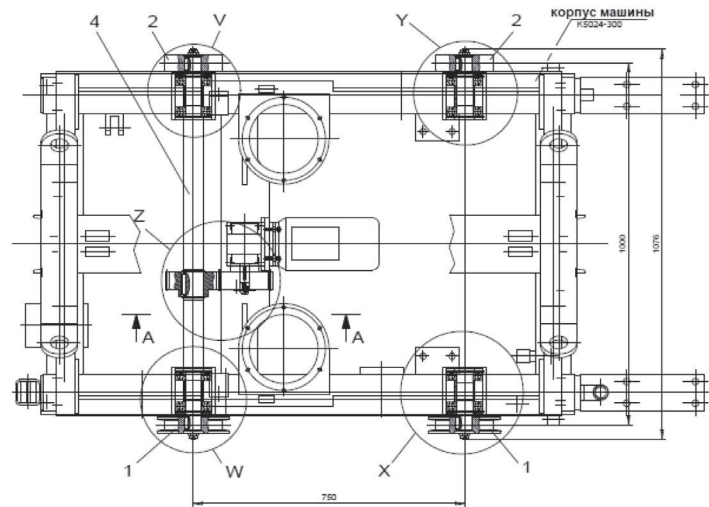


Рис. 5. Привод перемещения МГР в продольном направлении

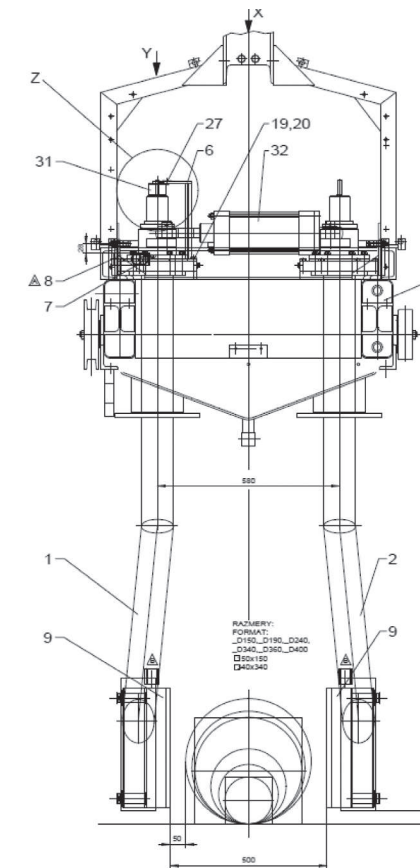


Рис. 6. Механизм захвата слитка

Механизм перемещения резака (резачков — в случае установки резачка для отрезки темплетов) также имеет два варианта исполнения: один вариант обеспечивает движение по маятниковой траектории (рис. 8), во втором варианте перемещается в поперечном прямолинейном направлении (рис. 7) с возможностью перемещения и вертикальном при помощи механического или пневмопривода, если МГР производит порезку слитков с сечениями, значительно отличающимися по величине. Механизм с поперечным прямолинейным перемещением резачка, как правило, применяется при резке слитков с круглым сечением, а механизм с поперечным маятниковым перемещением резачка, как правило, — при резке слитков с квадратным сечением. Движение механизмов перемещения резачка (резачков) обеспечивается приводами с мотор-редукторами, оснащёнными энкодерами.

Механизм измерительного ролика (рис. 9) представляет собой корпус с закреплённым в нём водоохлаждаемым валом с установленным на валу роликом. На валу с роликом

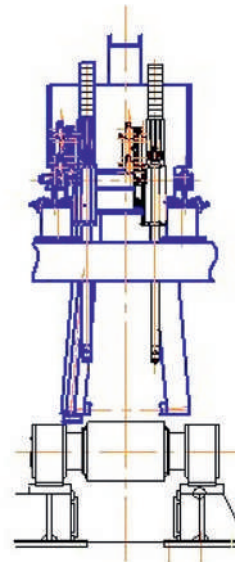


Рис. 7. Механизм поперечного перемещения резачка

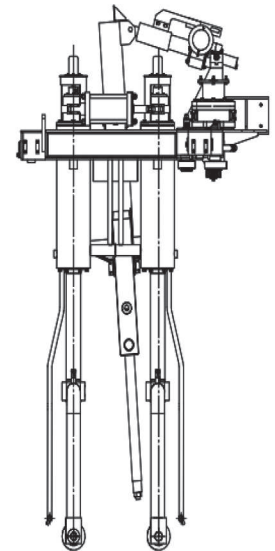


Рис. 8. Механизм маятникового прямолинейного поперечного перемещения резачка

в верхней части установлен энкодер. Корпус измерительного ролика подвешивается на валу, установленном в опорах с подшипниками. Прижим измерительного ролика к слитку осуществляется с помощью пневмоцилиндра, установленного на корпусе машины и соединённого с корпусом механизма измерительного ролика.

Определение длины хода тележки газорезки.

Одним из существенных технологических параметров при перерезе слитка является расстояние перемещения МГР — длины хода тележки. Он определяется совокупностью, точностью и надёжностью действий механизмов машины, а также технологическими возможностями резачка (скоростью резки). Кроме этого, учитывается ширина шлаковой ямы, которая имеет ограниченную величину, ход машины при перерезе слитка не должен превышать размер ширины ямы.

Управление процессом резки слитка (при автоматическом режиме или вручную с помощью ключей, расположенных на электрическом пульте управления) осуществляется в следующей последовательности:

- открытие вентилями подачи горючего газа к устройствам поджига горючей смеси резачков и зажигание их пламени от устройства поджига;
- включение движения машины газорезки синхронно с движением слитка;
- включение подачи горючего газа и подогревающего кислорода в резак;
- включение подачи режущего кислорода в резак (при ручном режиме резки режущий кислород подается

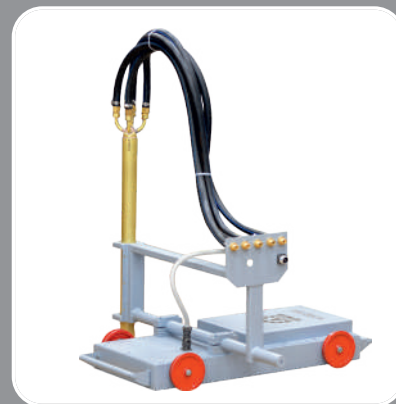


Механический завод «Сталь» — производитель автогенного оборудования для металлургических предприятий.

Машина газовой резки «НОРД-С-500»

Машина переносная газовой резки «НОРД-С-500» (АТМ 163) предназначена для использования на предприятиях металлургической отрасли. Обеспечивает высокопроизводительную прямолинейную разделительную кислородную резку листового проката (слябов, блюмов, заготовок) из малоуглеродистой низколегированной стали толщиной до 500 мм.

* При необходимости устройство может быть дополнительно укомплектовано флюсовой оснасткой.



Комплектация:

- самоходная тележка
- кремальеры с блоком электромагнитных клапанов

- резак газовой «НОРД-С» АТМ 35 (L=750 мм)
- комплект рукавов

- комплект силовых кабелей
- пульт управления
- рельсовый путь (L=3000 мм)

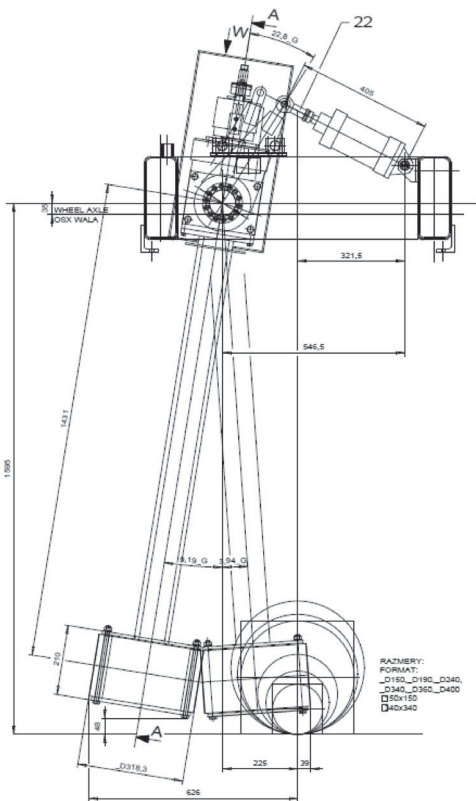


Рис. 10. Тахограмма процесса перереза слитка

Рис. 9. Механизм измерительного ролика

после прогрева кромок слитка до температуры, необходимой для начала резки);

- включение рабочего хода резака;
- выключение подачи режущего кислорода после окончания резки;
- реверс резака и машины в исходное положение.

Полный цикл резки слитка складывается по времени из следующих составляющих:

- времени работы резака (время резки) — t_p ;
- времени возврата тележки в исходное положение — t_v ;
- времени ожидания до начала синхронного движения (сцепления) машины газорезки со слитком — $t_{ож}$.

Таким образом, время полного цикла процесса резки $t_{ц}$ может быть определено по нижеследующей зависимости:

$$t_{ц} = t_p + t_v + t_{ож} = L_{сл} / U_{раз}$$

$L_{сл}$ — длина отрезаемого слитка, м; $U_{раз}$ — скорость разливки слитка, м/мин.

Время резки слитка резаком (t_p , мин), как видно из тахограммы (рис. 10), определяется по следующей формуле:

$$t_p = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

где: t_0 — время, необходимое для пуска горючего газа и подогревающего кислорода, выравнивания и зажигания горючей смеси, принимается равным 0,1 мин; t_1 — время, необходимое на пуск режущего кислорода, приближение резака к слитку на минимальной скорости, врезание струи режущего кислорода в металл; t_2 — время, необходимое для увеличения скорости резки от минимальной до максимальной; t_3 — время резки слитка резаком на максимальной скорости; t_4 — время, необходимое на снижение скорости резки от максимальной до минимальной и полного перереза слитка струей режущего кислорода.

Длина хода машины газорезки определяется по формуле: $S_{мгр} = t_p \cdot U_{раз}$

Из приведённой информации видно, что специализированные предприятия в России имеют достаточный проектный, технологический и производственный потенциал для разработки оборудования для обеспечения потребностей металлургических предприятий новой техникой, в том числе комплексами оборудования с машинами газовой резки для установок непрерывной разливки стали, содержащими в своём составе и сложные металлоконструкции, и автоматизированное управление, и автогенные технологии, и приводные системы, и системы слежения за технологическим процессом и др.

Пример одной из последних разработок приведён на рис. 11. На нём изображен комплекс машины газовой резки для четырёхручьевого МНЛЗ для резки непрерывнолитых слитков сечением от 200×200 мм до 300×360 мм и слитков круглого сечения от 210 мм до 450 мм.

Подобные работы показывают, что имеющиеся у российских предприятий компетенции надо использовать не только для решения текущих вопросов, но и стремиться к созданию стандартизованного и унифицированного отечественного оборудования для оснащения металлургических предприятий РФ.

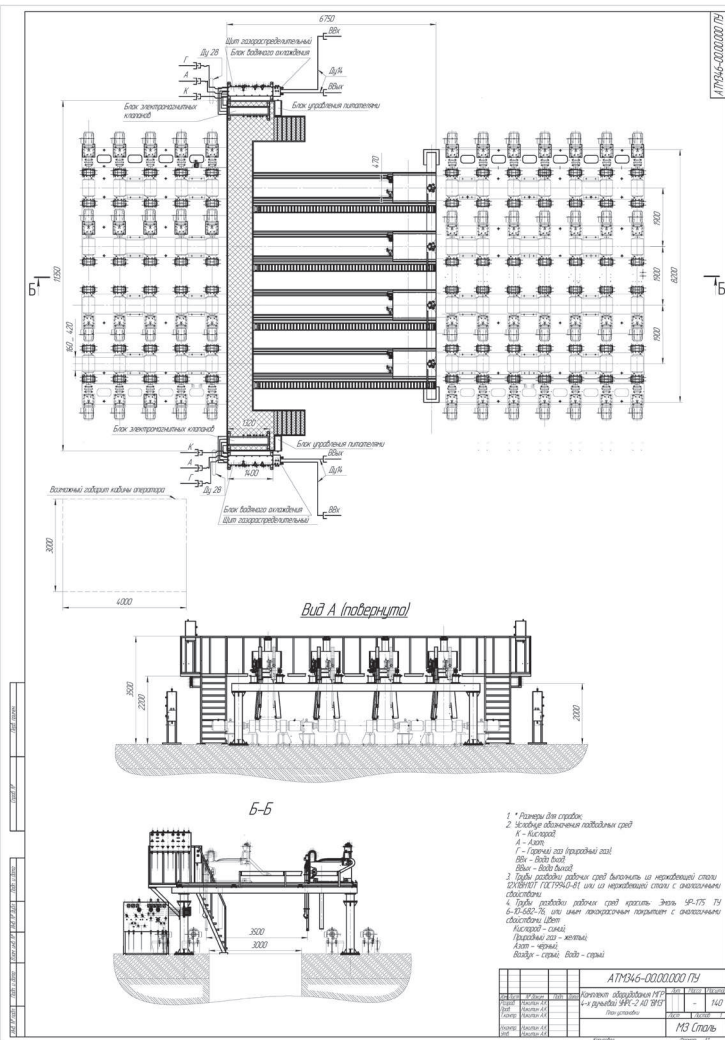
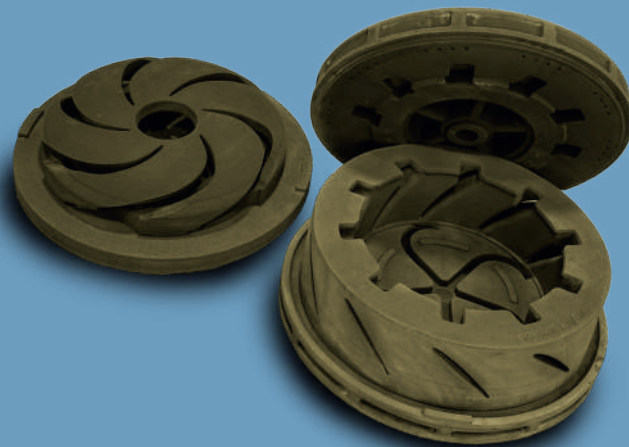


Рис. 11. МГР для четырёхручьевого МНЛЗ (план установки)

САМЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ СОЗДАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТЛИВОК. ОПЫТ КОМПАНИИ ROBOTEC



Литейные заводы и отдельно стоящие литейные производства развиваются каждый год. Потребность в сложной аутентичной номенклатуре растет ежемесячно. Это связано как с сервисными случаями, необходимостью обслуживания западного оборудования, так и с ростом собственной отечественной промышленности. Тенденция к развитию этой тематики активно подхватили азиатские и отечественные технологи. Поставки аддитивного оборудования для печати песчаных литейных форм активно происходят на протяжении более чем трех лет. Мы, **Top 3D Group** — эксклюзивный представитель **компании Robotech**, хотим поделиться четырехлетним опытом производства песчаных форм на заводе «Новомет-Пермь» на основе достижений отечественных конструкторов.

Линейка оборудования, которая включает в себя три решения с разными камерами построения, закрывает потребности большинства литейных цехов (рис. 1).

Технология 3D-печати для производства песчаных форм (рис. 2) **Binder Jetting** от Robotech имеет ряд неоспоримых преимуществ:

1. Отечественное производство, отечественные комплектующие, отечественные расходные материалы.
2. Легкость тестовой печати на крупном заводе.
3. Возможность посещения завода для демонстрации способностей оборудования.
4. Ускорение цикла производства при помощи 3D-печати относительно классического метода как минимум в 4 раза.
5. Запатентованная технология печати на платформенной системе, что сокращает издержки на расходные материалы до 90% (в зависимости от размера необходимой литейной формы).



Рис. 2. Напечатанные песчаные формы и выполненные отливки

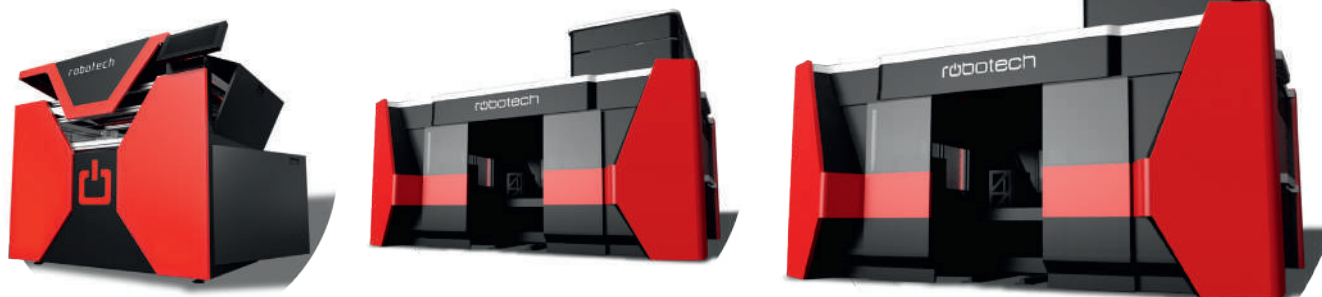


Рис. 1. Линейка 3D-принтеров компании Robotech

6. Минимизация огрехов и сокращение длительности производства в связи с уменьшением влияния человеческого фактора.

7. Обучение технологии возможно как на территории вендора, так и на территории заказчика.

8. Онлайн-поддержка клиентов при помощи любого доступного программного обеспечения.



Интегратор
цифровых решений

Top 3D Group
+7 (499) 322-23-19
prom@top3dgroup.com
www.top3dgroup.ru www.top3dshop.ru

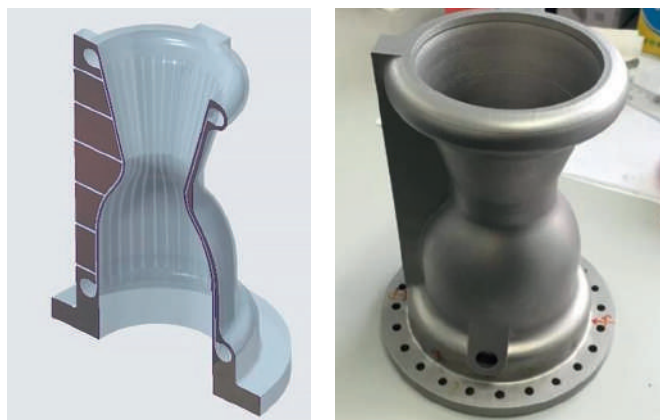
МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ АДДИТИВНАЯ УСТАНОВКА HBD 350T — ФЛАГМАН РЫНКА РФ ВО ВРЕМЕНА САНКЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ

Исторически сложилось, что развитие аддитивных технологий началось на западе — в странах Америки и Европы. До определенного времени решения, произведенные в этих регионах, считались эталонными и максимально технологичными. Однако важно учитывать, что, несмотря на стратегическое развитие западных регионов, всё производство переносилось в Азию. Предприниматели востока подхватили тенденцию развития и интеграции лазерных технологий в связи со спросом живого внутреннего производственного рынка.

Таким образом, в 2007 году была открыта компания **HDB Additive Manufacturing**. Сейчас, при поддержке компании **Top 3D Group** — главного интегратора аддитивных решений в РФ, компания **HBD** заняла уверенную позицию аддитивного флагмана благодаря своевременному сервису, поддержке и технологическим решениям.

Высокотехнологичные решения на базе 3D-принтеров (рис. 1), работающих по SLM-технологии, позволяют задавать минимальный припуск на изготавливаемую заготовку. Закрытая система и грамотный подход к извлечению и отпуску металлической детали минимизируют термическую деформацию и усадку, а это, в свою очередь, дает нам возможность получить минимальные искажения поверхности — до 0,03 мм. Подобные погрешности позволяют использовать принтеры HBD в автомобильной, медицинской и, конечно же, аэрокосмической отраслях. Использование таких материалов, как нержавеющая и индустриальная стали, алюминиевые сплавы и сплавы титана, закрепляют вышеуказанный тезис. Предлагается разобрать аэрокосмический кейс (рис. 2).

Преимущества производственного метода неоспоримы. Выгода в цифрах налицо. При этом важно понимать, что скрывается за цифрами, какова точность реализации изделия, как организована работа оборудования, какие опции продукта позволяют достигать наилучшего качества отпечатанной запчастей и минимизировать шероховатость.



Конечное изделие: камера сгорания со сложными каналами водяного охлаждения

Материал: никелевый сплав IN 718

Стоимость на производственный цикл: \$ 15000 > \$ 4500

Срок производственного цикла: 60 дней > 15 дней

Рис. 2. Преимущества аддитивного производства камеры сгорания ГТД



Рис. 1. 3D-принтер компании HBD

Давайте перечислим программные и аппаратные инструменты:

1. Система конденсорных линз F-theta (рис. 3а).
2. Герметичный оптический тракт с функцией очистки линз при помощи подачи воздуха под давлением.
3. Аппаратно-программная система контроля температуры оптики (предел колебаний в 0,1 °С).
4. Высокоточный захват позиции лазерного пятна и демонстрация аналитики в реальном времени (рис. 3б).
5. Стандартизация лазерной фокусировки и системы управления (рис. 3в).
6. Мультилазерная система.
7. Система контроля потока газа в каждом узле аппарата. Система архивирует данные и, в случае сбоя, дает возможность увидеть время неполадки (рис. 3г).
8. Контроль положения и фиксации каркасной конструкции, до +/- 5 мкм точности.
9. Автоматическое создание журналов процессов печати, сохранение журнала прорисовки слоев, сохранение положений лазерного пятна, сохранение журнала сигналов тревоги и ошибок.
10. Верхняя подача порошкового металлического материала и разравнивание рекоутером оригинальной конструкции.

Перечисленный список — лишь малая часть преимуществ оборудования компании HBD. При этом компания Top3DGroup понимает взволнованность потенциальных партнеров и клиентов тем, что поставка оборудования — это лишь часть процесса. Немаловажная часть внедрения нового оборудования — это обучение персонала процессам печати, подготовке 3D-моделей и профилей материала.

Все подобные заботы вендор и его представитель в РФ берут на себя. Осуществляется постоянная поддержка заказчиков в онлайн-режиме — как представителями вендора, так и сервисным отделом Top3DGroup при помощи мессенджеров, видеосвязи и командировок. Обучение осуществляется в несколько этапов:

- офлайн — дистрибьютором в РФ,
- онлайн — ВКС с конструкторами устройства,
- офлайн — более глубокая проработка на заводе производителя.

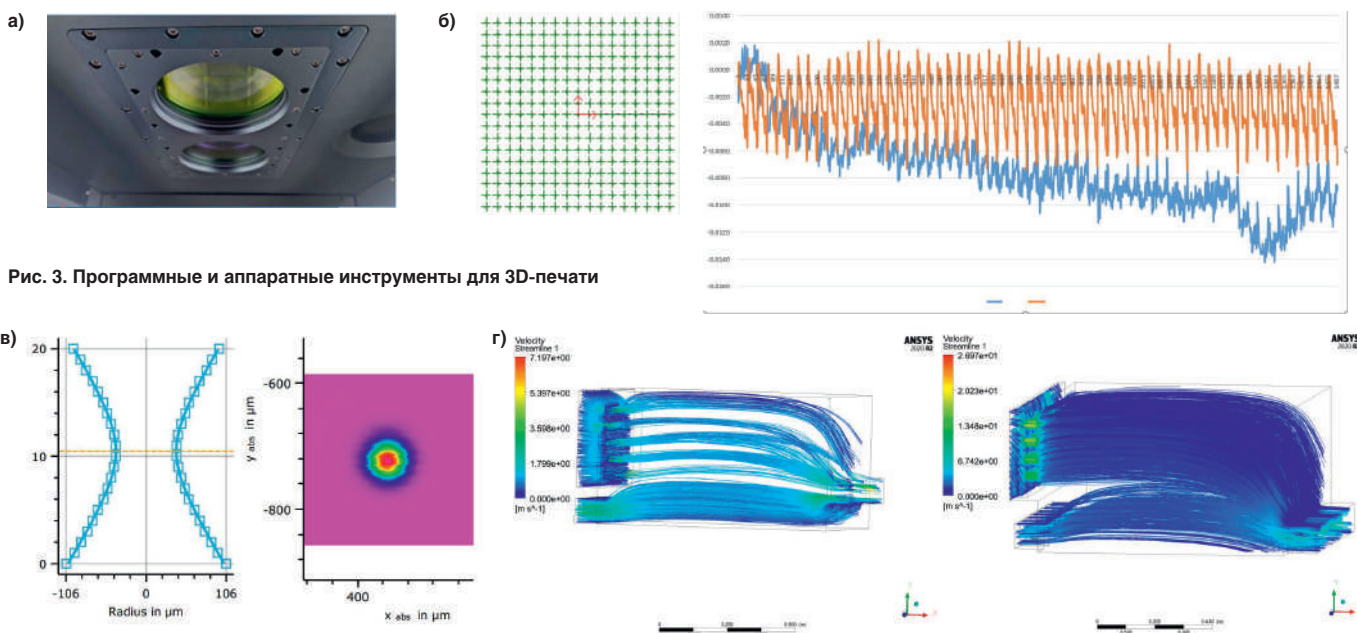


Рис. 3. Программные и аппаратные инструменты для 3D-печати

Компания Top3DGroup предлагает оборудование с европейскими комплектующими, которые установлены и юстированы на заводе производителя. Мы как интегратор перевели на русский язык интерфейсы всего оборудования и программного обеспечения для нарезки и подготовки 3D-моделей. Импортное решение разрабатывается самостоятельно и не зависит от западных элементов или программного обеспечения. Реализуется возможность печатать из таких материалов, как: кобальт-хром, алюминий, сплавы никеля, титан, нержавеющая и индустриальные стали, медные сплавы.

Чтобы удостовериться в качестве продукции и солидности бренда, наше руководство посещало фабрику производителя оборудования, также мы посещали Турцию, где в рамках одного коммерческого предприятия стоит 80 установок аддитивного оборудования HBD. Собрав отзывы, мы закупили себе 3D-принтер металлической печати по технологии SLM от компании HBD — небольшую машину HBD150. Выбор сделан на основе специфики и качества оборудования, из желания ознакомиться лично с интерфейсом и для того, чтобы проводить НИОКР новейших порошковых материалов. Машина встанет в нашем производственном помещении в мае 2023 (перед выставкой «Металлообработка-2023») в московском регионе.

Мы будем рады тестировать материалы наших клиентов, оказывать услуги (рис. 4) и проводить НИОКР по направлениям инженерного прототипирования и стоматологии. Небольшая камера и замкнутый цикл чистого производства позволяют нам оперативно менять материалы, разрабатывать документацию, использовать разные виды контроля и создавать отчетность.

Предлагаем вам наращивать свои компетенции вместе с нами и стать нашим долгосрочным партнером по решению прикладных задач ваших предприятий.



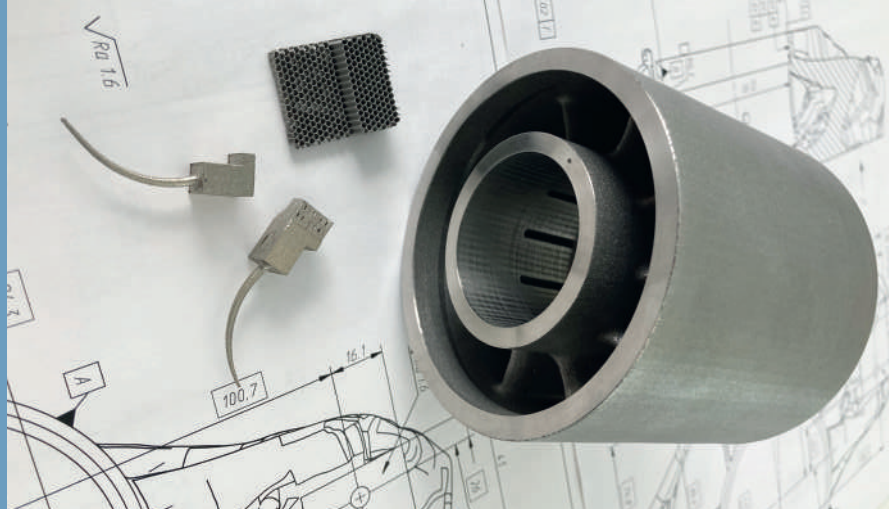
Интегратор цифровых решений

Top 3D Group
 +7 (499) 322-23-19
 prom@top3dgroup.com
 www.top3dgroup.ru
 www.top3dshop.ru



Рис. 4. Примеры напечатанных изделий

РЫНОК АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ: ВЗГЛЯД ОДНОГО ИЗ УЧАСТНИКОВ



Аддитивные технологии (АТ), начав свой путь в сфере производственных применений с простых решений, таких как изготовление макетов и так называемого быстрого прототипирования, в короткий промежуток времени достигли достаточного уровня зрелости и заняли своё уверенное место в современных производственных реалиях.



Андрей Берюхов,
к.т.н., директор
бизнес-направления
«Аддитивное производство»
ООО «Горизонт покрытий»

Отечественная и в большей степени мировая практика могут продемонстрировать примеры действительно стремительного восхождения АТ к вершинам передовых производственных технологий. В тех отраслях, где эффект от применения передовых технологий максимален (аэрокосмическая отрасль, изготовление ортопедических протезов и имплантатов и т.п.), можно наблюдать едва ли не ежедневные успехи внедрения технологий аддитивного производства. В других отраслях промышленности, таких как автомобилестроение, тяжелое машиностроение и металлургия, динамика не такая впечатляющая, как в вышеуказанных отраслях, но тем не менее можно с уверенностью утверждать о достаточном уровне интеграции нового направления технологий в процессы разработки продукции и ее производства.

Есть и сдерживающие факторы. Как и любые другие современные технологии, будь то, к примеру, высокопроизводительная мехобработка на станках с ЧПУ или лазерная резка, которые в свое время решали проблемы роста и развития, аддитивные технологии не стали исключением. Для полноценной интеграции в существующие и перспективные производственные цепочки новой технологии нужно решить четыре основных вопроса:

1. На чем производить продукцию (оборудование)?
2. Из чего производить продукцию (материалы)?
3. Как производить продукцию (режимы работы оборудования на необходимых материалах)?
4. Кадры (как производственно-технологические, так и разработчики).

Эти четыре базовых вопроса актуальны для развития аддитивных технологий в общемировых масштабах, но не менее остро теперь стоят перед игроками отечественного рынка аддитивных технологий.

В чем же заключается специфика российского сегмента рынка АТ? Во-первых, доступ к новейшему оборудованию ведущих мировых производителей промышленных установок для 3D-печати (а это в основном компании из Европы и США) теперь стал невозможен. Остается привычный в последнее время «разворот на Восток» (а здесь у КНР традиционно пальма первенства) либо концентрация усилий на разработке отечественного модельного ряда промышленного аддитивного оборудования. Здесь, нужно отметить, у отечественных разработчиков есть определенные наработки. В технологии SLM (СЛС/СЛП) можно выделить минимум двух отечественных производителей, имеющих в своей производственной программе серийные образцы 3D-принтеров с размерами зоны построения от 100 до 350 мм. Для крупногабаритной 3D-печати металлических изделий (технологии DMD (ПЛВ) и WAAM) российская промышленность также может предложить пусть и не сильно большую номенклатуру оборудования, но в достаточно широком диапазоне размеров рабочей зоны. Еще более уверенно отечественная аддитивная индустрия чувствует себя в области 3D-печати полимерными материалами. Для технологии FDM/FFF/FGF с уверенностью можно говорить о присутствии на рынке оборудования нескольких сильных российских игроков, производящих 3D-принтеры промышленного класса с зоной построения вплоть до ме-



Рис. 1. Участок аддитивного производства компании «Горизонт покрытий»

тровых габаритов. Также для технологий печати различной оснастки для литья (технология Binder Jetting (BJ – печать песчано-полимерных форм) существует ряд российского оборудования, разработанного и производимого отечественными компаниями. Если говорить о подходе к вопросу нашей компании, то мы располагаем SLM-3D-принтером немецкой компании Trumpf (модель TruPrint 3000 — **рис. 1**), которая приобреталась относительно недавно в рамках международного проекта научно-технического сотрудничества. Поэтому машина в том числе укомплектована расширенным комплектом ЗИП, что позволит эксплуатировать ее в ближайшие 1–1,5 года без необходимости поиска запчастей в условиях санкций. Также мы понимаем необходимость перехода на отечественный парк аддитивных установок в будущем и поддерживаем достаточно тесные связи с рядом отечественных разработчиков и производителей аддитивных установок.

Какова ситуация с материалами? Если говорить о наиболее критичных с точки зрения требований к исходному сырью технологиях — SLM (СЛС/СЛП) и DMD (ПЛВ), где используется металлический низко- и среднедисперсный порошок, то здесь также ситуация не такая катастрофичная, как кажется на первый взгляд. Исторически сильная в СССР порошковая металлургия была не сильно востребована последние 30 лет, теперь развитие рынка аддитивных материалов дает этой индустрии, по сути, второе дыхание. Сейчас вопросами разработки отечественной номенклатуры сплавов (в первую очередь для технологий SLM/DMD) занимаются не только отраслевые институты, но и коммерческие организации. Если говорить о ситуации в области материалов для 3D-печати полимерными материалами (в первую очередь по технологии FDM/FFF/FGF), то она выглядит еще более оптимистично ввиду широкого распространения этих технологий сначала в массовом сегменте, а затем и в промышленных применениях. Существует не менее десятка отечественных производителей материалов для этой технологии 3D-печати, в том числе инженерных пластиков и композитных материалов. Как мы видим данную ситуацию? Являясь в недавнем прошлом российским представителем глобальной компании Oerlikon, одного из мировых лидеров в области разработки, производства и поставки порошковых материалов для аддитивного производства, мы не только сохранили логистические цепочки поставок в РФ импортных материалов для металлической 3D-печати, но и работаем в настоящий момент над развитием партнерских связей с ключевыми игроками рынка материалов для 3D-печати металлами и керамическими материалами.

Следующий немаловажный вопрос: необходимо «научить» оборудование работать с данным конкретным материалом для гарантированного получения необходимых физико-механических свойств на выходе. Пожалуй, один из самых важных и ресурсоемких вопросов АТ. Каждый новый разрабатываемый материал требует достаточно длительной (2–3 месяца) процедуры отработки режимов печати. Причем отработанные режимы на одном типе аддитивных установок не будут на 100% транслироваться на оборудование другого типа или производителя. В нашей стране эту работу, изначально более или менее системно ведущуюся различными отраслевыми НИИ, теперь стали выполнять и частные аддитивные компании, что, несомненно, положительно сказывается на темпах освоения новых материалов для аддитивного производства, процессах их полномасштабного внедрения и стандартизации. Обладая

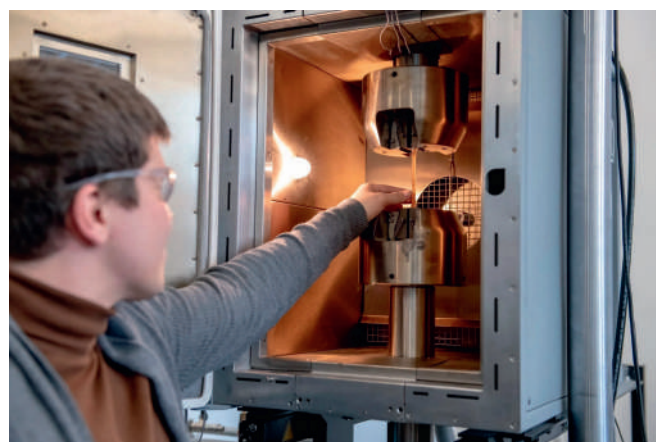


Рис. 2. Оборудование лаборатории механических испытаний Центра технологии материалов Сколковского института науки и технологий «Сколтех» (Фото: <http://skoltech.ru>)

достаточно обширной базой знаний по режимам печати для материалов Oerlikon (в первую очередь для высоколегированных сталей и жаропрочных никелевых сплавов), компания «Горизонт покрытий» в настоящее время ведет работы по отработке режимов печати для материалов-аналогов отечественного производства (например, сплаву Inconel 718 производства компании «Микрон»), а также зарубежных партнеров (таких как, например, Sentex — BIR (Турция), используя мощности металлургических лабораторий и лабораторий механических испытаний Центра технологии материалов Сколковского института науки и технологий «Сколтех», **рис. 2**), с которым мы традиционно поддерживаем тесные партнерские отношения.

Ну и самое важное — кадры, которые, как известно, решают всё. Здесь как никогда важна роль государства в решении вопроса обучения кадров, отвечающих требованиям новой отрасли. Сейчас эту задачу решают на уровне ведущих вузов (а также ПТО/ССО) страны, создавая тематические кафедры для обучения студентов, а также в рамках федеральной программы «Перспективная инженерная школа», в рамках которой по программе дополнительного профессионального образования в том числе проходят переподготовку специалисты производственных компаний и заводов, заинтересованных в интеграции АТ в свои существующие или перспективные производственные процессы. В рамках этого направления наша компания в сотрудничестве с ведущими вузами Москвы (таких как Московский политехнический университет, МГТУ им. Н. Э. Баумана) участвует в практической части работ учащихся вузов по направлению АТ, а также выступает в качестве индустриального партнера для вузов по различным видам образовательных программ обучения и переподготовки специалистов.

Таким образом, можно сделать вывод, что вопрос интеграции и развития АТ в нашей стране сложен, требует комплексного подхода и в настоящее время решается совместно всеми ключевыми игроками отечественного рынка АТ. В свою очередь, компания «Горизонт покрытий» максимально интегрирована в данные процессы и готова предоставить своим текущим и перспективным клиентам максимальный уровень экспертизы в данном направлении, начиная от технологического консалтинга производственных площадок клиента и заканчивая решением отдельных кейсов по интеграции АТ в процессы разработки и производства современной конкурентноспособной продукции.

СОВМЕСТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ В ПАО «ОДК «САТУРН» И ООО «ГРАНКОМ»

Аддитивное производство является быстроразвивающейся отраслью промышленности, позволяющей эффективно производить сложные ответственные детали. В представленной статье приведены результаты производства детали «Сектор спрямляющего аппарата» для двигателя ПД-8 методом послойного лазерного выращивания. Деталь выполнялась из порошка сплава КХ28М6, полученного из чистых шихтовых материалов методом газовой атомизации. Ее механические свойства соответствуют требованиям нормативной документации.

А.И. Демченко, А.А. Масимов, А.И. Андрейко
ООО «Гранком»
Д.В. Федосеев, И.А. Редькин
ПАО «ОДК «Сатурн»

Введение

Высокие требования к комплексу механических свойств деталей, предназначенных для авиационной промышленности, обусловили, в свою очередь, рост требований к сырьевым материалам для их изготовления. Этот тезис актуален как для классического технологического процесса производства деталей для авиационной техники — литья и деформации, так и для нового технологического уклада — изготовления таких деталей методом 3D-печати. Так, в ПАО «ОДК «Сатурн», где созданное аддитивное производство позволяет производить детали для газотурбинных двигателей, хорошо понимают, что аддитивные технологии — одно из наиболее быстроразвивающихся направлений современного производства [1–5], и активно работают над внедрением новых материалов при решении поставленных задач. В частности, ПАО «ОДК «Сатурн» был разработан и паспортизирован сплав на кобальтовой основе — КХ28М6, применение которого разрешено в ГТД морского назначения. Для получения высокой воспроизводимости механических свойств и минимизации периодического контроля металлопорошковых композиций были сформулированы селективные требования к материалу. Партнером для апробации производства металлического порошка под заявленные требования выступил ООО «Гранком». В статье приведены технологические схе-

мы производства ООО «Гранком» и ПАО «ОДК «Сатурн» и показан механизм взаимодействия предприятий с целью получения высоких служебных характеристик на синтезированных деталях из сплава КХ28М6.

Суть вопроса

Одним из важных вопросов при изготовлении деталей методом 3D-печати является производство металлического порошка. Существуют различные способы получения такого порошка, такие как газовая атомизация [6] по технологии VIGA, EIGA, технология Plasma Atomization [7], технология Soluble Gas Atomization [8, 9], технология PREP, основанная на отделении частиц жидкого металла из торца вращающегося электрода под действием центробежной силы. Следует отметить, что основы качества металлического порошка для 3D-печати закладываются уже в процессе подбора шихтовых материалов. Так, для обеспечения ультранизкого содержания никеля (менее 0,1% массы) и пониженного содержания газовых примесей при выплавке жидкого продукта под дальнейшее распыление в ООО «Гранком» использовали кобальт марки К-О, электролитический хром и штабик молибдена по ТУ № 48-19-73-86. Полученный порошок был использован в ПАО «ОДК «Сатурн» для производства детали «Сектор спрямляющего аппарата» для двигателя ПД-8.

Экспериментальная часть

Технологическая схема производства металлического порошка для 3D-печати в условиях ООО «Гранком» показана на рис. 1.

Сплав КХ28М6 выплавляли в вакуумной индукционной печи емкостью 300 килограмм из чистых материалов без

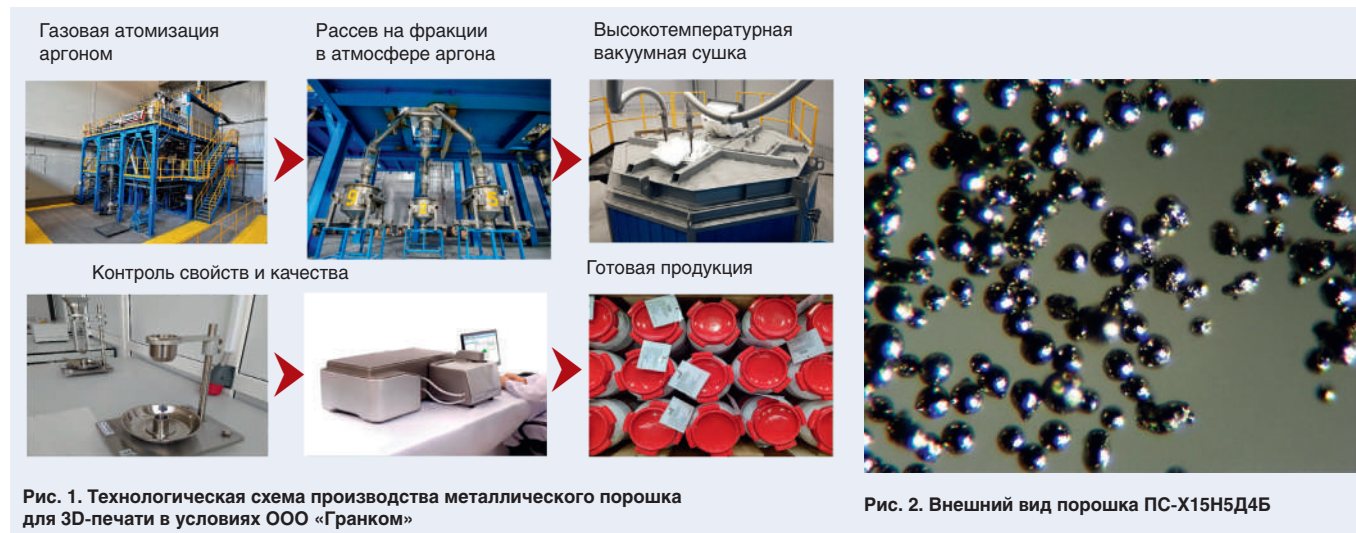


Рис. 1. Технологическая схема производства металлического порошка для 3D-печати в условиях ООО «Гранком»

Рис. 2. Внешний вид порошка ПС-Х15Н5Д4Б

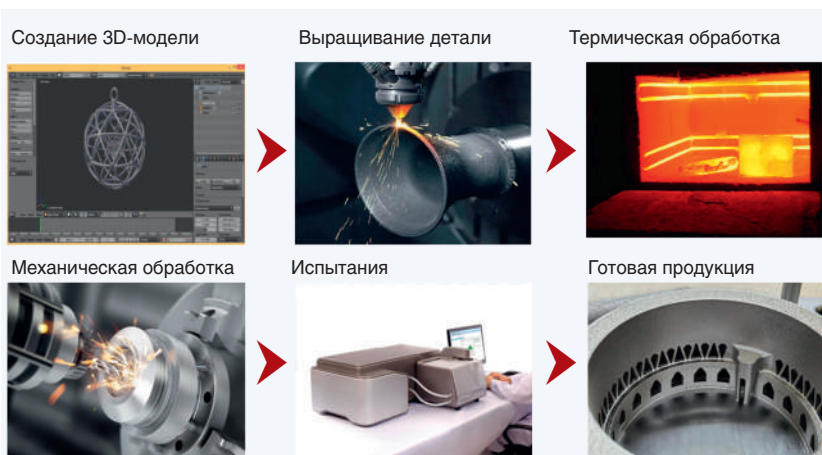


Рис. 3. Технологическая схема производства деталей методом 3D-печати в ПАО «ОДК «Сатурн»



Рис. 4. Внешний вид выращенной детали «Сектор спрямляющего аппарата»

добавления отходов и отсевов порошка. После достижения требуемого химического состава и температуры расплавы переливали в специальный промежуточный ковш. Распыление проводили аргоном при давлении 50 атмосфер. Температуру расплава поддерживали на уровне 1630 °С. Полученный порошок подвергали рассеву на установке итового рассева для получения фракции 20–45 мкм.

Как видно из рис. 2, внешний вид порошка соответствует классическому порошку газовой атомизации. Стоит отметить невысокий уровень сателлитности (около 30%), а также низкое количество частиц неправильной формы (2 на 100 шт.).

После упаковки порошок передали в ПАО «ОДК «Сатурн». Технологическая схема производства деталей методом 3D-печати в ПАО «ОДК «Сатурн» приведена на рис. 3. Выращивание детали «Сектор спрямляющего аппарата» для двигателя ПД-8 было осуществлено на установке EOS M290.

Обсуждение результатов

Внешний вид выращенной детали «Сектор спрямляющего аппарата» для двигателя ПД-8 в составе газогенератора показан на рис. 4. Механические свойства образца-свидетеля, выращенного совместно с деталью, приведены в таблице 1 и удовлетворяют требованиям нормативной документации. Механические свойства образца-свидетеля распространяются на готовую деталь.

Выводы

1. На предприятиях ООО «Гранком» и ПАО «ОДК «Сатурн» реализовано самое современное производство металлического порошка и изделий методом 3D-печати.
2. Технологические схемы, реализованные на предприятиях, позволяют получать качественные изделия из различных марок материалов.
3. Подбор качественных шихтовых материалов в сочетании с большим опытом производства деталей методом

3D-печати позволил получить механические характеристики на готовой детали, удовлетворяющие требованиям нормативной документации.

ООО «Гранком»
 Нижегородская обл., г. Кулебаки, ул. Восстания, 1/14, 607018
 Тел.: +7 (831) 435 1754
 info@grankom.com, https://grankom.com/
 ПАО «ОДК «Сатурн»
 Ярославская обл., Рыбинский район,
 г. Рыбинск, проспект Ленина, д. 163, 152903.
 Тел.: +7 (4855) 328 100, https://www.uec-saturn.ru/

Литература

1. Environmental aspects of Laser-Based and Conventional Tool and Die manufacturing / W. R. Morrow, H. Qi. // J. Clean prod. 2007. 15. P. 932–943.
2. Технология производства авиационных газотурбинных двигателей: учебное пособие для вузов / Ю. С. Елисеев, А. Г. Бойцов, В. В. Крымов, Л. А. Хворостухин. Машиностроение, 2003. 512 с.
3. Исследование структуры и механических свойств изделий, полученных методом СЛС из порошка стали 316L / В. Г. Смелов, А. В. Сотов, А. В. Агаповичев // Черные металлы. 2016. № 9. С. 61–65.
4. Суфияров В. Ш. Влияние толщины слоя построения при селективном лазерном плавлении сплава инконель-718 на микроструктуру и свойства / В. Ш. Суфияров, А. А. Попович, Е. В. Борисов // Цветные металлы. 2016. № 1(877). С. 81–86.
5. Евгений А. Г. Перспективы разработки высокопроизводительных режимов селективного лазерного сплавления жаропрочных сплавов на основе никеля для изготовления деталей ГТД / А. Г. Евгений, В. А. Королев, С. В. Шуртаков / Сборник трудов конференции «Аддитивные технологии: настоящее и будущее». 2017. С. 23.
6. Зленко М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. Санкт-Петербург, 2013. 221 с.
7. Tsantrizos P. G. et. al. Method of production of metal and ce-amic powders by plasma atomization. Pat. US № 5707419, дата выдачи: 13 янв. 1998.
8. Donachie M. J. Donachie S. Superalloys: A Technical Guide, 2nd Ed.— ASM International, 2002. 438 p.
9. Fngelo H. C., Subramanian R. Powder Metalurge: Science, technology and application. New Dehli, 2009.

Таблица 1. Механические свойства детали «Сектор спрямляющего аппарата» при комнатной температуре

Нормы согласно техническому заданию	Временное сопротивление, σ_B , МПа	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение, δ_5 , %	HRC, не менее
ТЗ	$\geq 1050 \pm 50$	$\geq 600 \pm 50$	$\geq 15 \pm 4$	29
Деталь	1113	687	19	33

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ РКТ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ШТАМПОВКИ

В статье рассматриваются основные этапы изготовления изделий ракетно-космической техники (РКТ) методом селективного лазерного плавления. Анализируются исследования макро- и микроструктуры, результаты томографии, механической обработки, испытаний на прочность и герметичность.

А.М. Зайцев, начальник управления
ПАО РКК «Энергия», к.т.н., alexey.zaitsev@rsce.ru
С.Ю. Шачнев, заместитель генерального директора
по производству и техническому развитию,
директор завода ПАО РКК «Энергия»,
sergey.shachnev@rsce.ru
А.Н. Гудков, ПАО РКК «Энергия»,
техник-конструктор, andrey.gudkov3@rsce.ru

ряд технологических направлений при изготовлении деталей РКТ, в которых целесообразно развивать работы по внедрению аддитивных технологий [1].

Изготовление образцов

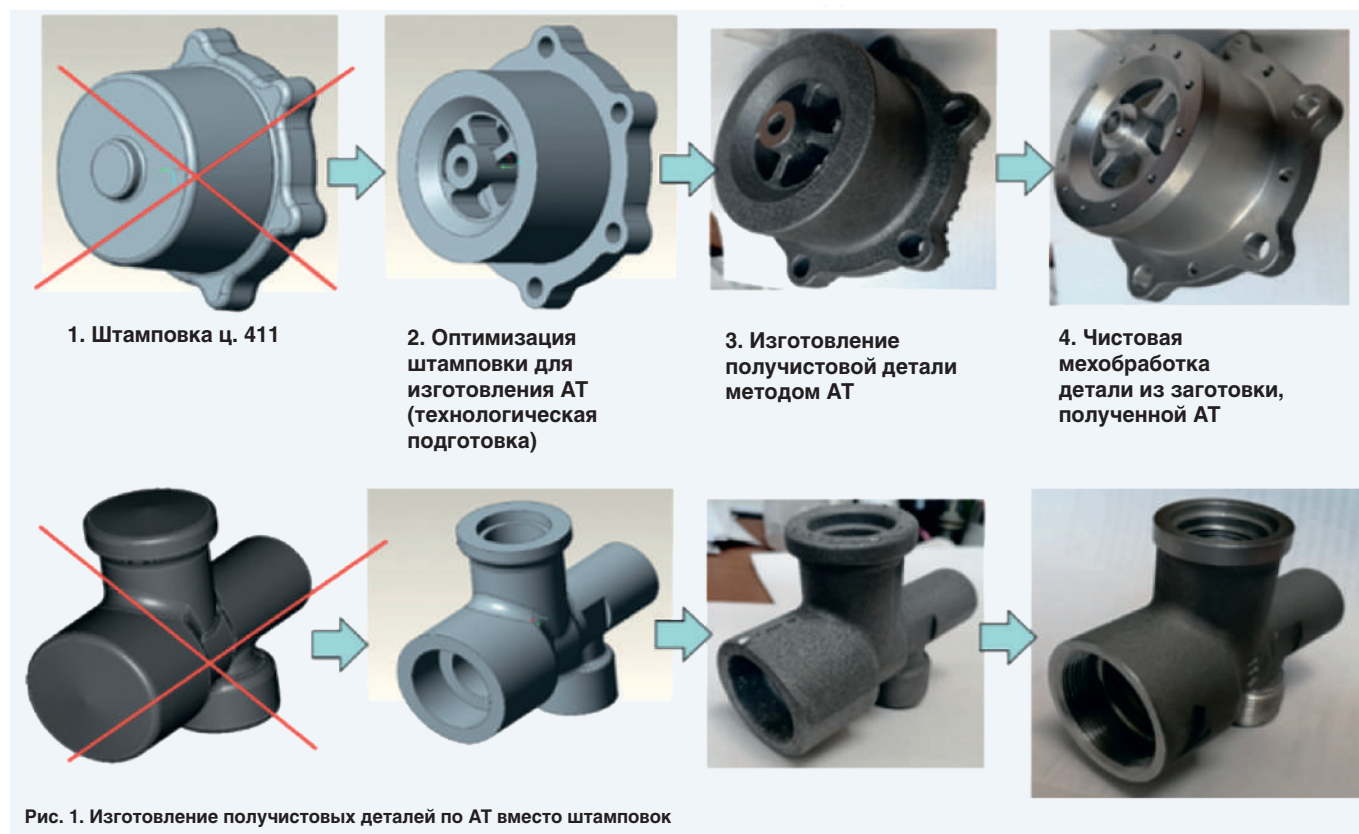
Одним из направлений в развитии аддитивных технологий является замена трудоемких в изготовлении деталей и заготовок, полученных литьем или штамповкой. В ПАО РКК «Энергия» были проведены опытные работы по изготовлению деталей методом селективного лазерного плавления, их исследованию и испытаниям (рис. 1).

Для исследования были выбраны две детали, получаемые по существующей технологии методом штамповки из алюминиевых сплавов АМг6 и АК8. Основная идея заключается в изготовлении вместо штампованных заготовок получистовых заготовок из материала AlSi10Mg методом селективного лазерного плавления, которые потом можно было бы внедрить в существующий технологический процесс, начиная с чистовых операций, тем самым исключив черновые и получистовые. Кроме того, при разработке такой технологии часть размеров была выполнена начисто,

Введение

Изготовление деталей методом селективного лазерного плавления позволяет повысить технологичность производства за счет уменьшения временных затрат по сравнению с традиционными методами. На сегодняшний день основными материалами, используемыми в области ракетно-космической техники, являются алюминиевые и титановые сплавы.

Суть процесса состоит в послойном синтезе детали путем циклического нанесения и сплавления порошковой композиции между собой. В настоящее время определен



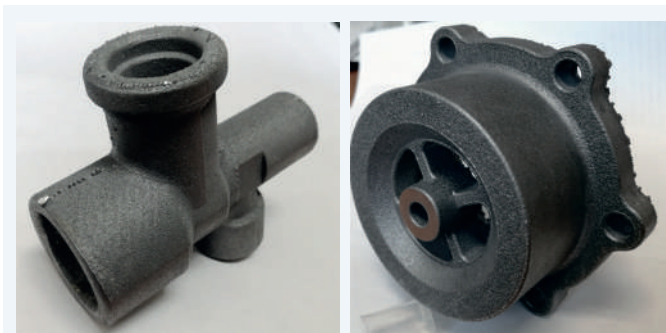


Рис. 2. Получистовые детали

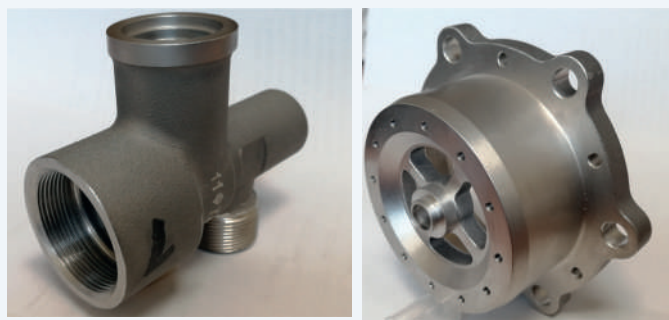


Рис. 4. Детали № 1 и № 2 после проведения механической обработки

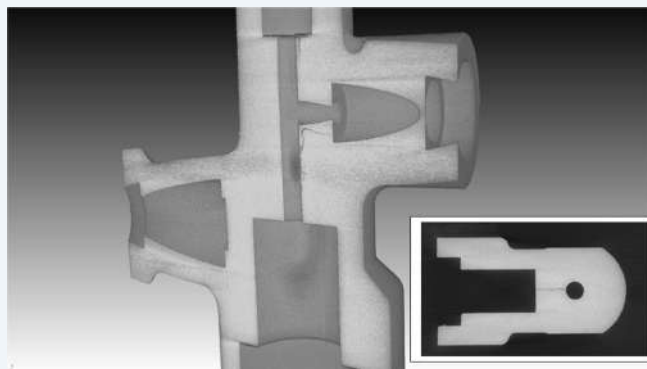
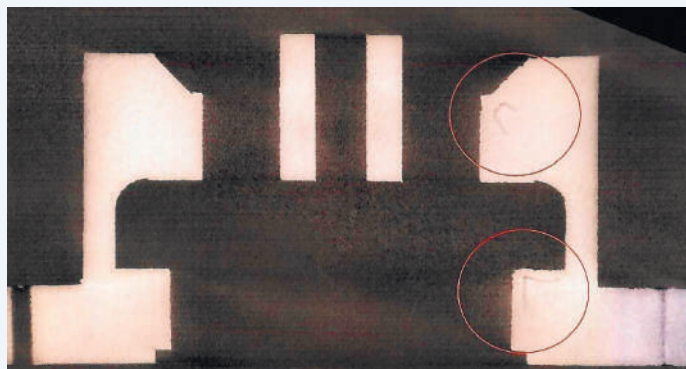


Рис. 3. Результаты томографии опытных деталей



исходя из требований чертежа и возможностей аддитивного оборудования, это элементы с полем допуска не менее 0,2 мм и шероховатостью поверхности не менее Ra 6,3 мкм (с последующей пескоструйной обработкой).

Изготовление деталей производилось на 3D-принтере ProX DMP 300 с камерой построения размером 250x250x300 мм, толщиной слоя при печати от 10 до 100 мкм и повторяемостью размеров до 20 мкм по всем плоскостям (рис. 2).

Сразу после синтеза и удаления поддержек детали были подвергнуты отжигу в печи для снятия внутренних напряжений.

В дальнейшем были произведены исследования на томографе XT H 225/320 LC ф. NIKON METROLOGY об-

разцов «Корпус» в количестве 3 штуки с разрешающей способностью 0,2 мм (рис. 3).

В материале образцов «Корпус» №№ 1, 2 обнаружены несплошности (трещины). Наличие трещин было связано с деформациями детали в процессе многократного нагрева при печати в камере построения машины. Для предотвращения образования трещин при последующей печати были введены радиусы.

Механическая обработка

Была произведена механическая обработка, в результате которой можно сделать вывод, что обрабатываемость у синтезированных деталей хорошая. Были выявлены незначительные проблемы с достижением шероховатости, заданной в КД, связанные с тем, что обработка велась на режимах резания для материала АМГ6. Проведена отдельная работа по отработке режимов резания, требуемая шероховатость (Ra 0,8 мкм) получена (рис. 4).

После механической обработки с деталью проведены испытания согласно требованиям конструкторской документации. Деталь № 1 прошла проверку на герметичность внутренним давлением 350 кгс/см² пузырьковым методом и испытания на прочность внутренним давлением 525 кгс/см². Деталь № 2 также прошла проверку на прочность и герметичность внутренним давлением 2 кгс/см², замечаний нет (рис. 5).

Исследования в макроструктуре показали, что дефекты отсутствуют (рис. 6).

Макроструктура представлена на рис. 7–11.

Исследованием микроструктуры установлено:

— в микроструктуре образцов №№ 1, 2 имеются отдельные поры \varnothing до 9 мкм и рыхлоты размером до 12x30 мкм (рис. 9);

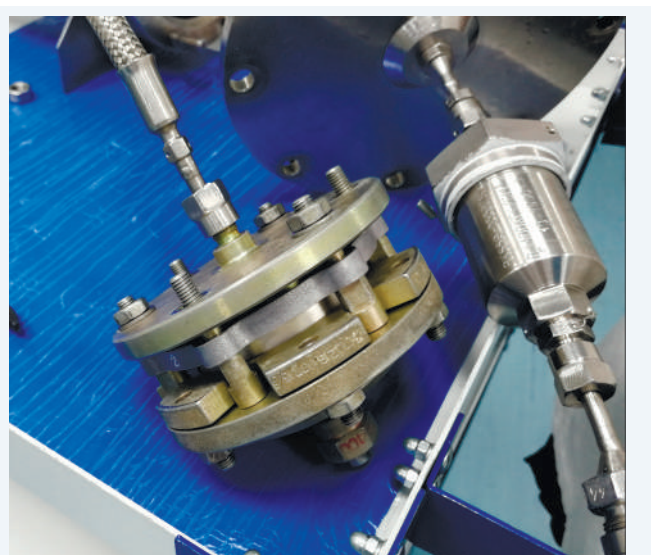


Рис. 5. Испытания на прочность и герметичность детали № 2

— в микроструктуре образцов имеются отдельные включения серого цвета правильной геометрической формы и их скопления размером до 16×21 мкм (рис. 10);

— в микроструктуре образцов имеются светлые участки со структурной неоднородностью размером до 30×50 мкм (рис. 11),

— общая микроструктура образца № 1 представляет собой треки различной толщины (рис. 12), образца № 2 — «ячейки» — наплывы [2].

Выводы

1. Подтверждено, что возможности технологии и оборудования селективного лазерного сплавления на текущий момент позволяют:

— получать заготовки для деталей РКТ, изготавливаемых по существующей технологии из штампованных и литых заготовок;

— получать элементы детали с полем допуска не менее $0,2$ мм и шероховатостью поверхности не менее $Ra 6.3$ мкм (с проведением пескоструйной обработкой) без дополнительной механической обработки.

2. Порошковая композиция $AlSi10Mg$, изготовленная предприятием АО «РУСАЛ», соответствует заявленному химическому и морфометрическому составу и соответствует требованиям к порошкам для технологии SLM.

3. Технология термической обработки, рекомендованная действующей НТД для деформированных полуфабрикатов, не изменила структурно-фазовый состав спеченных образцов и их характеристики твердости.

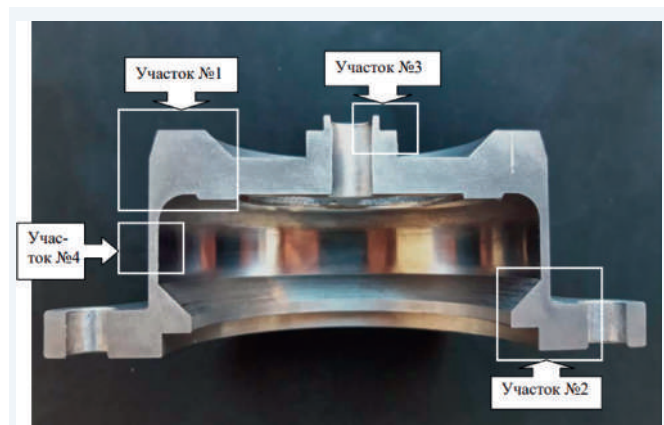


Рис. 6. Изучение макроструктуры образца

Литература

1. Шачнев С.Ю., Зайцев А.М. Определение направлений при применении технологии селективного лазерного плавления при создании изделий РКТ // Аддитивные технологии. 2022. № 2. С. 26–29.
2. Рожкова Ю.Н., Федотов С.А., Марков И.С. Исследование характера разрушения образцов из сплава $AlSi10Mg$, полученных методом селективного лазерного сплавления // Аддитивные технологии: настоящее и будущее: межд. конф. (Москва, 7–8 октября 2021 г.). М.: НИЦ «Курчатовский институт» ВИАМ, 2021. С. 62–72.

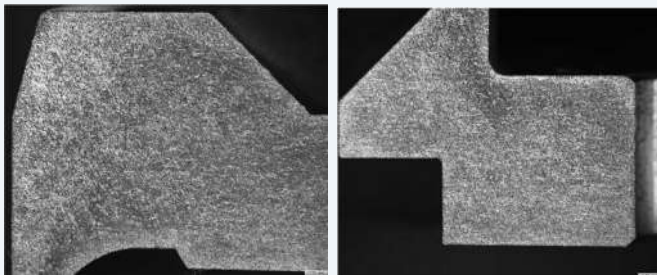


Рис. 7. Макроструктура участков № 1 и № 2

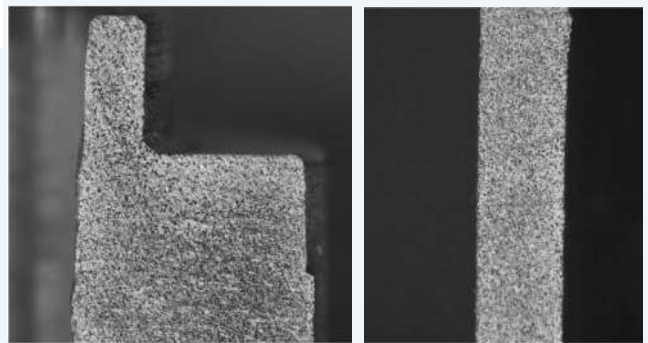


Рис. 8. Макроструктура участков № 3 и № 4

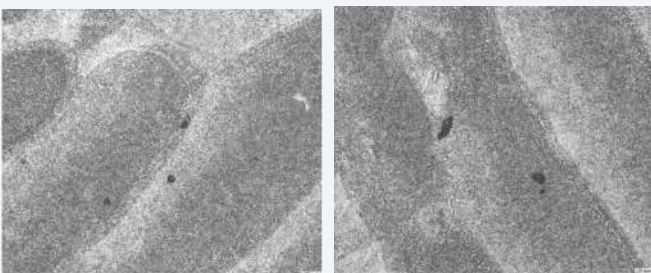


Рис. 9. Поры и рыхлоты в образце № 1

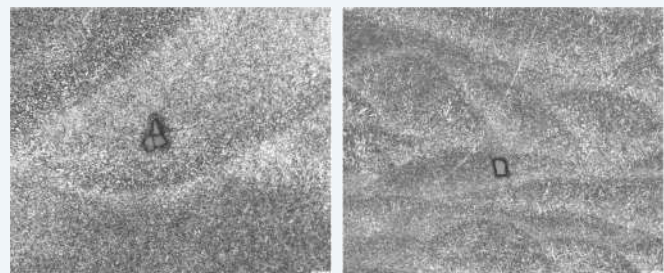


Рис. 10. Включения в микроструктуре образцов № 1 и № 2

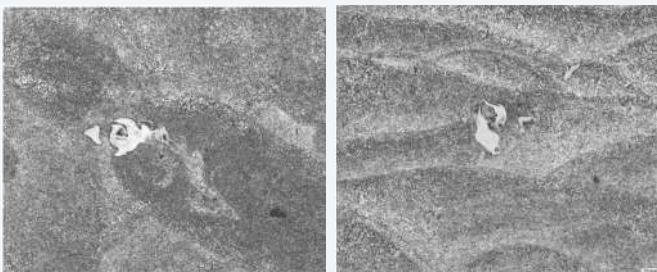


Рис. 11. Светлые области в микроструктуре образцов № 1 и № 2

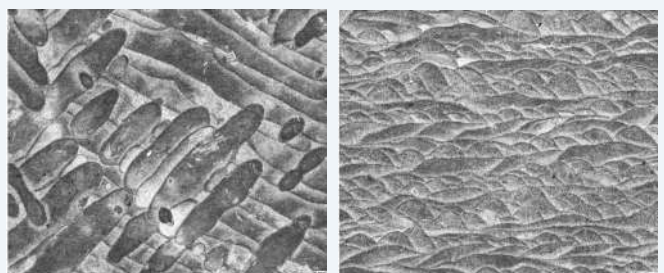


Рис. 12. Общая структура образцов № 1 и № 2

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Конференции Industry3D в рамках выставочных проектов заслуживают большого внимания. Предлагаемая многодневная программа, связанная с развитием рынка аддитивных технологий (АТ) в России, демонстрирует возможности АТ для решения целого ряда прикладных задач, позволяет специалистам отрасли узнать о новых разработках, обменяться мнениями по актуальным вопросам, обсудить перспективные проекты, рассмотреть и оценить текущее положение дел. Не стал исключением форум, проходивший в октябре во время выставки «Технофорум», где в дополнение к традиционной повестке красной линией отмечались изменившиеся экономические условия и высокий потенциал АТ для поддержания промышленного производства при необходимости быстрого реагирования на резко изменяющийся спрос при нарушенных цепочках поставок.

Открывая стратегическую сессию «Российское оборудование для аддитивных технологий. Меры поддержки производителей и снятие барьеров», **Владимир Конов, заместитель председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ по науке и высшему образованию, председатель оргкомитета «НТИ Экспо»**, определил основные направления дискуссии в рамках самых животрепещущих вопросов, таких как: особенности работы в условиях санкций, меры государственной поддержки отрасли в рамках реализации стратегии развития аддитивных технологий в период до 2030 года, приоритеты формирования отраслевой нормативной базы, вопросы подготовки специалистов. В данной статье рассмотрим основные тезисы докладов, представленных в открытом доступе.

РАЗВИТИЕ РЫНКА АТ

Антон Барданов, операционный директор Ассоциации развития аддитивных технологий, выступил с сообщением о состоянии и перспективах развития аддитивных технологий в мире и в России. Докладчик отметил, что несмотря на волатильность мировой экономики, ожидается пятикратный рост мирового рынка АТ до 2030 года.

Основными тенденциями глобального рынка аддитивных технологий являются:

1. Рост рынка АТ, несмотря на пандемию COVID-19.
2. Падение продаж оборудования известных мировых производителей при одновременном росте продаж менее авторитетных компаний (в том числе из Китая).
3. Заметное смещение акцента от оборудования на оказание услуг.

Как и в прежние годы, 3D-печать металлом продолжает расти, в этом сегменте 70% рынка приходится на технологии SLM, EBM и DED.

Рынок АТ России составляет 0,09% от общего объема производства в составе ВВП в мире, развивается значительно медленнее зарубежного, однако намечаются положительные тенденции: сохранение интереса со стороны промышленности и медицины; новые возможности инновационного развития российских решений для АТ в связи с уходом с рынка западных компаний в сегменте оборудования и ПО; значительный рост интереса к услугам 3D-печати для производства комплектующих и запчастей.

К числу негативных тенденций следует отнести:

1. Стагнация рынка АТ с 2019 г., снижение поставок промышленного оборудования по сравнению с 2019 г. (на основе открытых данных).
2. Снижение темпов роста производственной части ВВП РФ (на 7–8% в 2022 г. и около 1% в 2023 г.).
3. Корректировка инвестиционных программ потребителей в РФ.
4. Только 2 из 14 распространенных технологий находятся на достаточном уровне развития в РФ — SLM и FDM-технологии.
5. Санкции на поставку продукции в РФ.
6. Уход западных компаний в сегменте оборудования и ПО (и негативная, и положительная тенденция).

Отмечалось, что для успешного развития отечественной отрасли аддитивных технологий требуется проведение работы по совершенствованию механизмов государственной поддержки развития аддитивных технологий.

НОВЫЙ ПРОЕКТ

Михаил Родин, генеральный директор i3D, в своем докладе рассказал о масштабном проекте AM.TECH (рис. 1), который включает в себя создание большого производства промышленных аддитивных комплексов для самых передовых технологий: FGF, SLM, MBJ, EBM, Ceramic. Под брендом AM.TECH также планируется организовать производство собственных сканеров и КИМ.

Проект рассчитан на создание серийного производства промышленных 3D-принтеров, 3D-сканеров и КИМ.

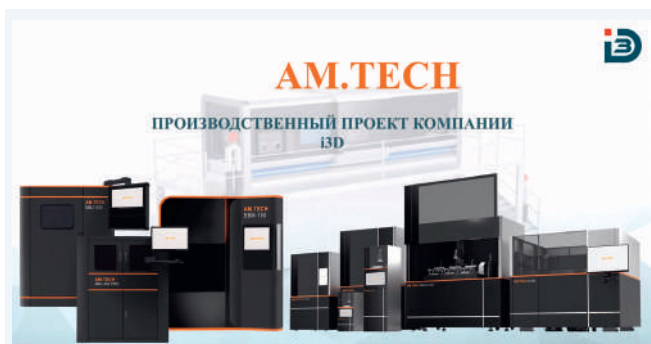


Рис. 1. Проект AM.TECH. Фото: i3D

Часть 3D-принтеров будет разрабатываться компанией самостоятельно, часть будет легализовываться с китайскими партнерами или продаваться по OEM-контрактам. Планируется, что все 3D-принтеры будут иметь конструкторскую документацию и регистрацию в Государственной информационной системе промышленности Минпромторга. Проект выпуска SLM-принтеров осуществляется за счет субсидии Минпромторга и рассчитан на поставку 30–40 принтеров в течение 5 лет (объем реализации 1,5 миллиарда рублей).

В данном проекте также рассматривается возможность создания собственного центра по производству изделий 3D-печати и центра обратного проектирования (объем реализации 100 миллионов рублей в год).

ТЕХНОЛОГИИ

Целый ряд выступлений на конференции продемонстрировал возможности и динамику развития аддитивных технологий.

Евгений Земляков, заместитель директора по научной и проектной деятельности ИЛИСТ СПбГМТУ, сделал доклад на тему применения технологии прямого лазерного выращивания для производства крупногабаритных металлических изделий. Данная технология, реализованная в оборудовании ИЛИСТ СПбГМТУ, позволяет работать практически со всеми материалами: сталь, никелевые, титановые, кобальтовые, медные сплавы и их комбинации. Производительность процесса — до 2,5 кг/ч (средняя — 1 кг/ч при плотности материала 8 г/см³). Максимальный размер получаемого изделия в диаметре — 2100 мм, максимальная высота — 1500 мм. Точность изготовления — 0–13 квалитет, пористость не более 0,01 об.%, шероховатость — Ra 6,3 мкм. Технология позволяет использовать и комбинировать в изделии различные материалы, например, титан и сталь, которые металлургически конфликтуют. Соединение осуществляется через создание переходных слоев из молибдена, меди, ванадия и др. Создание переходных слоев между несвариваемыми материалами, дает техническую возможность создания биметаллических изделий из сплавов с разными теплофизическими характеристиками (рис. 2). В результате удается получить соединение с минимальным проплавлением основы, обеспечить отсутствие пор и несплавлений, достичь высо-

кой геометрической точности за счет учета напряженно-деформированного состояния.

Понятно, что для производства изделия, отвечающего самым высоким требованиям, необходимо использование качественного порошка с определенным набором свойств. Как и у каждой технологии, у прямого лазерного выращивания есть свои нюансы. Серьезные сложности при применении технологии вызывают температурные деформации, определяемые конструкцией и размером изделия. Например, двухметровое титановое кольцо деформируется на 2 см в результате термической усадки. Сведения подобного рода необходимо учитывать в работе и вносить необходимые поправки в конструкторскую документацию. При производстве тонкостенных изделий возможна потеря устойчивости, в этом случае необходимо вносить изменения в саму конструкцию, обеспечивая ее жесткость.

Технология находит применение в различных отраслях: авиационное двигателестроение, ракетно-космическая отрасль, судостроение, начаты работы в направлении создания изделий энергомашиностроения.

Доклад **Николая Дробченко, руководителя направления аддитивных технологий компании 3DLAM**, был связан с возможностями технологии SLM (Selective Laser Melting) — селективного лазерного плавления (СЛП).

По результатам многих испытаний можно говорить, что изделия, выполненные по этой технологии, по характеристикам похожи на изделия после поковки. Это выражается в малой пористости и структуре сплава. Путем термообработки их свойства также могут быть улучшены или изменены под конкретные задачи. По сути, в результате производства получается деталь не просто сложной формы, а высокопрочная деталь с повышенными техническими характеристиками. Вопреки заблуждению, что в производстве на основе аддитивных технологий себестоимость изделия не зависит от объема выпускаемой партии деталей, докладчик отметил, что в реальности при серийном производстве есть возможность настроить технологический процесс таким образом, что возникает эффект экономии на масштабах. При этом сокращаются сроки производства, что тоже дает экономический эффект.

В докладе были представлены многочисленные примеры изделий, выполненных на оборудовании 3DLAM с упоминанием преимуществ АТ и сложностей, которые возникают в процессе производства. Например, при 3D-печати турбореактивного двигателя (рис. 3а) достигается снижение номенклатуры единиц, используемых в двигателе, снижение массы двигателя, себестоимости. Из сложностей отмечались: тонкостенность изделия, печать направляющих аппарата без поддержек на поверхностях с низкими углами, протяженные трубопроводы диаметром от 0,6 мм. При печати турбины (рис. 3б) плюсами стали: изменение резонансных частот, снижение массы турбин, упрощение изготовления, снижение себестоимости. Из сложностей: лопатки имеют толщину 0,5–0,8 мм, наклон поверхности лопатки менее 30 градусов, повышенные требования к качеству изделия, важна симметричность изделия — нельзя печатать под



Рис. 2. Создание биметаллического изделия. Фото: ИЛИСТ СПбГМТУ



Рис. 3. Примеры напечатанных деталей: турбореактивный двигатель, турбина. Фото: 3DLAM

углом. Или, например, при печати изделий из жаропрочных сплавов выгода: получаем изделия из сложнообрабатываемых сплавов, осуществляется интеграция каналов и внутренних полостей в изделие, снижение себестоимости. Сложностей, по сути, нет — никелевые и кобальтовые жаропрочные сплавы отлично сплавляются. Особую актуальность в последнее время приобрело направление по импортозамещению сложных изделий.

Георгий Казакевич, руководитель отдела продаж компании i3D, рассказывая о технологии печати Metal Binder Jetting как о доступном способе серийного производства металлических деталей, подчеркнул, что важно говорить не о точности, а о повторяемости работы установок, поскольку для многих технологий характерна усадка детали при последующей термообработке, и главное, чтобы она была прогнозируема.

Принцип технологии Metal Binder Jetting следующий. Для каждого слоя 3D-принтер распределяет металлический порошок по рабочей поверхности и точно наносит связующее вещество, определяя геометрию детали. После завершения построения сыпучий порошок удаляется из деталей и извлекается с помощью встроенной системы рециркуляции порошка с его просеиванием. Заготовки помещаются в высокопроизводительную вакуумную печь для выжигания порошка и окончательного спекания детали. Важно, что технология Metal Binder Jetting позволяет одновременно производить детали различной, в т.ч. ранее недостижимой геометрии (рис. 4) без необходимости многократной настройки и при правильной организации серийного производства обеспечивает выпуск ежедневно



Рис. 4. Детали, произведенные по технологии MBJ. Фото: i3D



Рис. 5. Печать танталом по технологии EBW. Фото: i3D

сотни деталей идеальной формы, значительно сокращая трудозатраты и повышая скорость производства при минимальной последующей обработке. Технология позволяет печатать труднообрабатываемыми металлическими композициями, выполняя работы с тугоплавкими металлами и инструментальными сталями, включая многие материалы, несовместимые с SLM. Точность получаемых деталей схожа с высокоточным литьем или MIM-технологией.

Кирилл Большаков, менеджер по работе с ключевыми клиентами компании i3D, свой доклад посвятил технологии электронно-лучевой 3D-печати (EBW), отметив такие ее преимущества, как:

1. Большая производительность в сравнении с SLM;
2. Возможность печати нависающих элементов;
3. Отсутствие внутренних напряжений;
4. Высокие физико-механические свойства, отсутствие побочных включений;
5. Меньшие требования к фракции порошка (45–150 мкм);
6. Заполнение изделиями всей камеры построения;
7. Печать материалами: Ta (рис. 5), Mo, W, Nb521, TC18, TC4, TC20, TA15, Ti600, Cu, Ti48Al2Cr2Nb, Zr2, ZrNb, H13, In718, CMSX4;
8. При термообработке выше усталостный ресурс, стойкость к окислению и свойства ползучести при высоких температурах в сравнении с литьем по выплавляемым моделям.

Таким образом, электронно-лучевая печать имеет хорошие перспективы для производства деталей и узлов в отечественной промышленности.

Антон Лихтнер, менеджер направления 3D-технологий (керамика) компании i3D, рассказал об опыте своей компании в части высокоточной печати керамикой и металлами по DLP-процессу.

Принцип DLP-построения следующий (рис. 6). Рабочая ванна принтера заполняется суспензией. Платформа построения опускается в рабочую ванну с зазором между дном и плоскостью платформы, равным толщине слоя печатаемого изделия. Засветка слоя осуществляется проектором снизу рабочей ванны. После каждой засветки платформа поднимается, ракели выравнивает материал по дну рабочей ванны, платформа



Рис. 6. Процесс DLP-построения. Фото: i3D

опускается, и цикл повторяется. После окончания печати изделия очищаются и подвергаются двухэтапной термической обработке: осуществляется выжигание связующего и спекание изделия до конечной плотности.

В качестве расходных материалов для DLP-процесса применяется суспензия, состоящая из специальной фотополимерной смолы и порошка-наполнителя. В качестве наполнителя может использоваться множество функциональных конструкционных материалов. Это низкотемпературная керамика LTCC; высокотемпературная керамика Al_2O_3 , ZrO_2 , SiO_2 ; сверхвысокотемпературная керамика AlN , Si_3N_4 , SiC ; медицинская керамика TCP, HA, Bioglass; чистые металлы и сплавы: стали 316L и 17-4 PH, Inconel, Cu, Mo. Также в качестве наполнителя могут выступать всевозможные металлопорошковые композиции.

Технология DLP позволяет изготавливать (рис. 7):

- литейные формы и стержни из диоксида кремния (SiO_2) и оксида алюминия (Al_2O_3) для прецизионного литья лопаток газотурбинных двигателей и прочих деталей с повышенными требованиями к геометрии и качеству поверхности;
- дентальные имплантаты из оксида алюминия (Al_2O_3). Индивидуальные решения для костной пластики. Печать искусственных костных каркасов из биоинертной и биодеградируемой керамики;
- функциональные изделия из керамики: оксида алюминия (Al_2O_3), диоксида циркония (ZrO_2) и других;
- функциональные изделия из металла: 316L, 17-4-PH, Inconel, Cu и других.

DLP-процесс 3D-печати керамическими суспензиями может использоваться в первую очередь для печати конечных изделий: огнеупоров, изоляторов, форсунок, различных элементов ТРД, микропомп, теплообменников,



Рис. 7. Примеры изделий, выполненных по DLP-технологии. Фото: i3D

фильтров и других конструкционных деталей, находящихся под тепловыми, электромагнитными, коррозионными и механическими нагрузками.

ОБОРУДОВАНИЕ

Доклады от производителей и поставщиков оборудования показали направления развития и уровень представленных на аддитивном рынке разработок.

Борис Бычков, заместитель директора Департамента аддитивных технологий АО «Лазерные системы», опираясь на опыт своей компании, затронул тему индустриализации технологии селективного лазерного плавления. Современные аддитивные установки селективного лазерного сплавления M250 и M350 производства компании с различными объемами камер построения предназначены для выращивания из металлических порошков деталей сложных форм. Их особенности: работа с металлическими порошками отечественного и зарубежного производства; двухканальная лазерная вариофокальная система; лазеры мощностью до 1000 Вт; одновременная работа двух лазеров на одном рабочем поле с его полным перекрытием; создание и поддержание защитной атмосферы с промежуточным вакуумированием; собственное ПО (ранжированный доступ); система контроля качества.

Виктор Орлов, генеральный директор АО «НПО «ЦНИИТМАШ», рассказал на примере своего предприятия о динамике развития аддитивных технологий в России. АО «НПО «ЦНИИТМАШ» выпускает оборудование с тремя размерными рабочими зонами от $150 \times 150 \times 150$ до $550 \times 450 \times 450$ мм с разной производительностью и количеством лазеров, которое работает по технологии селективного сплавления металлических порошков. 3D-принтеры укомплектованы отечественным программным обеспечением как для управления аддитивным процессом, так подготовки компьютерной модели к печати. Сегодняшним приоритетом для ЦНИИТМАШ является разработка аддитивного оборудования на отечественных узлах, а именно с использованием аппаратных средств управления технологическим процессом, лазерных систем и системы сканирования лазерным лучом.

Любовь Нефедова, директор Научно-исследовательского института прикладного материаловедения АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», отметила, что помимо выпуска собственных 3D-принтеров на предприятии имеется возможность проводить весь комплекс работ: реинжиниринг, конструирование, разработка технологий и материалов, печать изделий, изучение свойств и проведение неразрушающего контроля изделий. На площадке уже имеется атомайзер и выпускается широкая линейка материалов, а также ведется разработка собственного атомайзера с повышенной производительностью. Совместно с ФРП запланировано создание центра аддитивных технологий на базе современного литейного производства. Имеется возможность выпуска песчано-полимерных форм как под собственные нужды, так и для сторонних предприятий. Готовятся к выпуску два собственных песчаных принтера: один с зоной печати 1000×1500 мм и второй с зоной печати 500×500 мм.

Глеб Туричин, ректор СПБГМТУ, представил новое оборудование, в т. ч. крупногабаритную установку прямого лазерного выращивания «ИЛИСТ-2XL» разработки компании ИЛИСТ, которая будет серийно выпускаться ООО «РусАТ» (рис. 8). Также он рассказал о создании гибридной установки на базе обрабатывающего центра мехобработка+вращение, который совмещает опцию пятикоординатного скоростного фрезерования и выращивания.

На уровне экспериментального стенда находится проект по созданию установки на основе технологии прямого дугового выращивания (EWM), в которой используется источник, управляющий горением дуги. Оборудование предназначено для выращивания деталей из алюмоматричных материалов. Его уникальный функционал — в выращивании дугой алюминиевых сотовых структур.

Анатолий Тулаев, руководитель по развитию ООО «Стереотек», рассказал об инновационном 5D-принтере с технологией 5Dtech, который позволяет печатать функциональные полимерные и композитные изделия без дополнительной постобработки, а также запасные части (ЗИП), расходные материалы для промышленных предприятий, имеющих импортное оборудование. 5D-принтер позволяет не только перемещать печатающую головку и стол в трех направлениях, но и поворачивать объект в двух осях.

Применение 5D-принтера позволяет:

1. Создавать изотропную структуру, повышающую прочность на 300%.
2. Минимизировать число поддержек, что приводит к экономии времени, материала и усилий на постобработку (рис. 9).
3. Печатать на осях и втулках. Использовать закладные элементы и оснастку.
4. Печатать с армированием непрерывным углеволокном для создания особо прочных изделий.
5. Использовать пластики, металлы, керамику.
6. Улучшить качество поверхности. 5Dtech создает правильную форму тел вращения, что дает качественное сопряжение деталей.



Рис. 9. Печать без поддержек по технологии 5Dtech. Фото: ООО «Стереотек»



Рис. 8 Установка прямого лазерного выращивания ИЛИСТ-2XL Фото: ИЛИСТ СПБГМТУ

В рамках доклада были представлены успешные кейсы в промышленном секторе.

Алексей Шишов, директор НОЦ ЦАТ МГТУ им. Н.Э. Баумана, говоря о локализации производства компонентов и применении отечественных комплектующих для серийного производства установок СЛП 250М, выделил существующие проблемы:

1. Отсутствие квалифицированных кадров.
2. Отсутствие понимания возможностей и ограничений каждой из аддитивных технологий.
3. Невозможность ставить адекватные задачи для аддитивного производства.
4. Упор на зарубежное оборудование без должного финансирования пусконаладки, подготовки операторов, технического обслуживания и расходных материалов.

Отечественное серийное промышленное оборудование, по мнению докладчика, может появиться только в случае тесного взаимодействия его производителей и потребителей, совместных усилий в доработке и совершенствовании оборудования в производственных условиях.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение — значимая составляющая в подготовке аддитивного производства. И важно, что отечественные компании готовы предлагать конкурентоспособный продукт.

Для целого ряда аддитивных технологий получению точности геометрической формы препятствует коробление изделия или точнее искажение формы металлоизделия вследствие действия внутренних напряжений, вызываемых неравномерным нагревом или охлаждением, деформацией или фазовыми превращениями металла.

Компания INNOFOCUS разработала собственную методику и собственное ПО REDITIVE. COMPENSATION, позволяющее, выполнять предеформацию и точную компенсацию коробления с использованием данных 3D-сканирования. Создаваемая математическая модель позволяет предсказать зоны перегрева, отрывы поддержек, возможные растрескивания и т. д. Как пояснил **Михаил Артюшков, генеральный директор**

INNFOCUS, алгоритм следующий: выполняется оптическое сканирование, в результате получается облако точек, по которому создают предеформированную модель. После чего, по сути, нужно сместить каждый элемент в объеме детали в векторе, обратном вектору деформации на соответствующее значение. Задача далеко не тривиальная, тем не менее в компании ее решили. Более того, ПО позволяет работать с внутренними полостями и каналами.

Данные сканирования могут содержать ряд производственных артефактов, которые нужно учитывать: дефекты, остатки порошка, поддерживающих структур. Это не является проблемой. ПО помогает обрабатывать эти данные и не учитывает их при подготовке предеформированной модели.

Денис Власов, генеральный директор ООО «ТРИАНГУЛЯТИКА» рассказал о возможностях замены импортного программного обеспечения для аддитивного производства на отечественное ПО **Triangulatica (рис. 10)**, включенное в Реестр отечественного ПО Минцифры РФ.

Слайсер «Триангулятика» разрабатывается с 2016 г. и уже известен в Европе и мире.

Применение данного ПО обеспечивает:

1. Снижение цены на программный продукт.
2. Поддержку 3D-принтеров иностранного производства и возможности перехода на Triangulatica с Magics Materialize и Autodesk NetFabb.
3. Применение новых поддерживаемых технологий аддитивного производства (печать песком, печать полимерными гранулами, микростереолитография).
4. Создание условий для интеграции для разработчиков отечественных систем аддитивного производства.
5. Интеграцию с «КОМПАС 3D».
6. Меры новой системы защиты, разработанные российским поставщиком.

В отличие от первой версии, ПО Triangulatica 2.0 защищена отечественным решением Guardant, в ней организованы многопоточные расчеты (бустинг вычислений), что позволяет увеличивать производительность расчетов до 40 раз по сравнению с первой версией, реализованы скоростные поддержки, изменена система лицензирования — решение о переходе на новую версию принимает теперь только клиент, стала на 30% дешевле. Недорогие

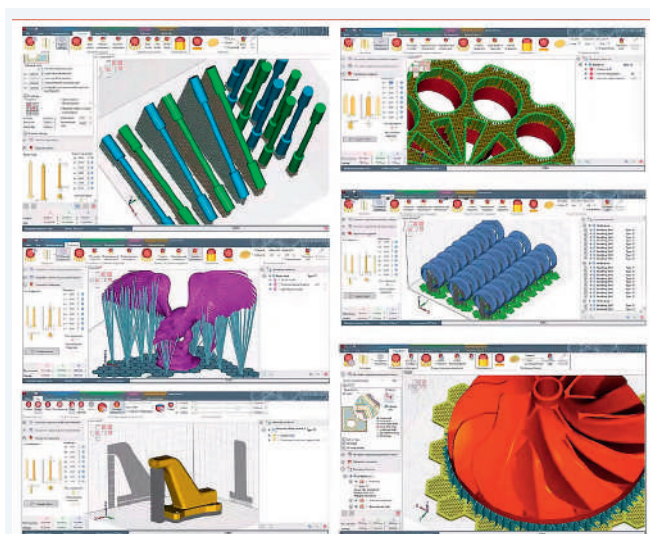


Рис. 10. Подготовка аддитивного производства в ПО Triangulatica. Фото ООО «ТРИАНГУЛЯТИКА»

лицензии для некоммерческого применения для образовательных организаций и энтузиастов аддитивного рынка стали вкладом в развитие отечественной индустрии.

По словам докладчика, Triangulatica 3.0 будет Linux-версией — серверной версией.

МАТЕРИАЛЫ

Появление новых материалов на рынке аддитивных технологий предоставляет уникальные возможности для решения целого ряда актуальных задач.

Иван Сумской, руководитель проектов Nissa Digispace, сделал сообщение о наработках компании BLT (Китай) в области печати металлом. Непрерывный процесс разработки, который компания осуществляет каждый день, включает в себя не только увеличение габаритов принтеров и объема печати: идет серьезная отработка материалов по режимам печати для достижения высокой точности и качества.

К примеру, обрабатывается печать таких материалов:

1. Чистый тантал. Тантал имеет высочайшую степень биосовместимости, обладает высокой плотностью и хорошей пластичностью, идеально подходит для пористых структур имплантатов; эффективна замена танталом титана в эндопротезировании. Печать вертлужных чашек из тантала обеспечивает высокую биосовместимость и лучшую приживаемость.

2. Никель-титановый сплав, который обладает сверхэластичностью и имеет хороший эффект памяти формы после тренировки деформации. Это позволяет выполнять печать сетчатых структур толщиной 0,1–0,2 мм.

3. Магниево-титановые сплавы, которые обладают хорошей биосовместимостью и разлагаемостью, могут использоваться в медийных имплантатах, а также являются самыми легкими металлическими конструкционными материалами в технике, могут использоваться в электронике и других областях.

4. Молибден применяется для создания сложных нагревательных элементов высокотемпературных печей.

5. Вольфрам позволяет получать микрорешетчатые структуры с толщиной стенки 0,1 мм для радиоэлектроники.

Интересным новым направлением компании является работа над выращиванием изношенных частей изделий с помощью SLM-технологии.

Алексей Халявин, директор по развитию ООО «Новые дисперсные материалы», рассказал о применении плазменных технологий для производства нано- и микропорошков металлов и сплавов.

В основе уникальной плазменной технологии лежит принцип получения расплава и паров металлов в электродном пятне дугового газового разряда. Созданная технологическая установка построена на базе уникального плазмотрона с расходуемым электродом.

Установка использует два способа образования гранул порошка:

- 1) в процессе распыления расплава с поверхности катода струей газа;
- 2) способом газофазного синтеза из полученных в катодном пятне паров металлов.

При использовании в составе рабочей смеси активных газов, возможно получение порошков химических соединений металлов.

Сейчас отработаны материалы: сплав алюминия AMG6, VT-6, Ta, W, идет работа с тугоплавкими материалами типа инконелей и др. Перспективным направлением является получение порошков core-shell, когда формируется ядро из одного материала, а оболочка из другого материала.

По агрегатному состоянию ядро может быть жидким, твердым и газообразным, оболочка всегда твердая, ядро и оболочка могут быть как органические, так и неорганические. Например, для наплавки или порошковой металлургии комбинация может быть: керамическое, оксидное или тугоплавкое ядро (WC, WBx, Al₂O₃, Ta) и легкоплавкая оболочка — Ni, Co, Ti.

Игорь Ядройцев, директор департамента аддитивных технологий ООО «ИЛМиТ» (Институт легких материалов и технологий), сделал доклад «Разработка и применение новых алюминиевых сплавов для технологии селективного лазерного сплавления», в котором освещалась линейка новых алюминиевых сплавов, разработанных за последнее время в Институте легких материалов и технологий «ОК РУСАЛ». Это в основном три направления: высокопрочные материалы, жаропрочные и материалы со специальным функциональным применением. Представим некоторые из них.

Сплав системы Al-Si-Cu (PC-320, **рис. 11**) с высокими технологическими характеристиками применяется в 3D-печати по СЛП-технологии. Сплав может применяться после отжига в качестве замены литейных и некоторых деформируемых среднепрочных сплавов.

Коррозионноустойчивый высокопрочный сплав системы Al-Mg-Sc (PC-553) обладает высоким уровнем эксплуатационных свойств, который получается за счет отжига, без проведения закалки. Комплексное легирование Sc и переходными металлами позволяет достичь оптимального уровня характеристик при конкурентной стоимости по сравнению с традиционными Sc-содержащими сплавами.

Среднепрочный алюминиевый сплав (PC-333) системы Al-Si-Mg с высокой теплопроводностью используется для изготовления элементов теплообменных агрегатов. Готовые детали должны быть подвергнуты искусственному старению без промежуточной операции закалки. По уровню механических и теплофизических свойств он является альтернативой деформируемым сплавам систем 6061 (АД33) и 6063 (АД31).

PC-355 — сплав на основе Al-Si, обладающий пониженным коэффициентом линейного теплового расширения с целью использования для печати прецизионных изделий, работающих в условиях нагрева в контакте с другими материалами.

Новый среднепрофильный жаропрочный сплав PC-970 на основе алюминия, стабилизированный переходными металлами, предназначен для работы в условиях повышенных температур.

PC-900 — сплав на основе системы Al-Fe-Nb, обладает высокими механиче-

СПЛАВ PC-320 С ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТЬЮ

PC-320 – сплав системы Al-Si-Cu с высокой технологичностью при СЛС. Сплав может применяться после отжига в качестве замены литейных и некоторых деформируемых среднепрочных сплавов

Механические свойства (табличные)	PC-320		AlSi10Mg	A360-F* (Литое)
	Отжиг	T6	Отжиг	Отжиг
E, ГПа	71	71	68	71
σ _{0,2} , МПа	430	370	350	317
σ _{UTS} , МПа	240	300	220	165
δ ₅ , %	4,0	6,1	7,5	3,5
HV	124	124	120	75



МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ

Корпус раздаточной коробки передач

>30% Повышенные характеристики прочности по сравнению с алюминиевым литьем

<0,3% Пористость деталей

Alloy

- Время изготовления детали – 68 часов
- Характеристики лучше чем при литье в металлическую форму
- Время подготовки производства – 2 часа

Рис. 11. Характеристики сплава PC-320 производства ООО «ИЛМиТ». Фото: ООО «ИЛМиТ»

скими характеристиками при комнатной и повышенных температурах за счет формирования регламентированной структуры и оптимального соотношения интерметаллидных включений.

Новые материалы в совокупности с новыми подходами к проектированию деталей под АТ позволяют обеспечить существенный выигрыш в массе и экономии материала, а также улучшение механических и эксплуатационных характеристик.

На базе ИЛМиТ создан аддитивный центр компании «РУСАЛ», который обладает всем необходимым оборудованием для производства металлического порошка и печати 3D-изделий из этого порошка.

Екатерина Панкратьева, менеджер направления полимерного 3D-оборудования компании i3D, сделала сообщение о 3D-оборудовании для промышленной печати в сфере полимерных композиционных материалов (ПКМ). ПКМ представляют собой многокомпонентные материалы, состоящие из матрицы и армирующего наполнителя. Матрица (связующее) обеспечивает совместную работу армирующих элементов и защиту их от механических повреждений и агрессивной химической среды. Армирующие наполнители воспринимают основную долю нагрузки композитов и обеспечивают физико-механические характеристики материала, в частности, высокую прочность и

Изделия изготовленные с помощью 3D-печати из гранул FGF/Pellet



Рис. 12. Изделия, напечатанные из ПКМ. Фото: i3D

жесткость. По своим свойствам ПКМ не уступают традиционным аналогам, а зачастую превосходят их. При этом они значительно легче. Это обеспечивает ПКМ широкое применение: от декоративных поделок до авиационной и космической отраслей (рис. 12).

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Аддитивные технологии находят применение в целом ряде отраслей. На конференции были показаны возможности АТ для медицины, нефтегазового сектора, авиастроения, импортозамещения деталей с помощью реверс-инжиниринга и 3D-печати и др.

Михаил Филонов, проректор по науке и инновациям НИТУ «МИСиС», рассказал о перспективах развития импортозамещающих аддитивных технологий для персонализированной медицины (рис. 13).

На сегодняшний день существуют возможности персонализации на трех уровнях:

1 уровень — персонализация внешней геометрии. Создание формы имплантата на основании результатов компьютерной томографии.

2 уровень — персонализация пористой структуры и механических свойств. Создание материала имплантата, его пористой структуры на основании данных о состоянии костной ткани в месте установки (тип, плотность, механические свойства).

3 уровень — персонализация наполнения внутренней поверхности пористых структур. Создание биоактивного и/или биорезорбируемого покрытия материала, снабженного лекарствами, на основании данных о предрасположенностях и/или противопоказаниях пациента к составу и препаратам.

В НИТУ «МИСиС» ведутся работы с новыми сплавами для СЛП, которые максимально отвечают требованиям человеческого организма. Это сплавы с памятью формы Ti-Zr-Nb (характеристики сплава позволяют создавать персонализированные пористые костные имплантаты с повышенной биосовместимостью и продолжительным сроком службы), магниевые сплавы (перспективны как с точки зрения механических свойств, так и с точки зрения растворения в человеческом организме — имплантаты не требуют извлечения).

Евгений Христофоров, заместитель начальника инженерного центра прототипирования ПАО «ОДК-УМПО» сделал сообщение о применении аддитивных технологий для производства авиационных газотурбинных двигателей, в котором содержался обзор аддитивного оборудования и технологий, применяемых в инженерном центре прототипирования предприятия. Были обозначены актуальные задачи, проблемы и пути решения.

Александр Паршиков, начальник департамента технологий роботизации и трехмерной печати ООО «Газпромнефть-ЦР», представил возможности центра компетенций по аддитивным технологиям для решения сервисных задач в нефтегазовом секторе. Это:

Опыт промышленного партнера ООО «Конмет» в изготовлении костных имплантатов методами аддитивных технологий

Участок аддитивных технологий функционирует с 2019 года



Примеры индивидуальных изделий, полученных методом СЛП



Пористый кейдж для шейного отдела позвоночника



COMMET

Рис. 13. Изготовление костных имплантатов. Фото: НИТУ «МИСиС»

1. 3D-сканирование: 3D-сканирование деталей, обработка результатов 3D-сканирования, формирование твердотельной 3D-модели, контроль соответствия 3D-модели и оригинальной детали.

2. Определение марки материала: проведение анализа химического состава материала, определение оригинального материала.

3. Разработка рабочей конструкторской документации: разработка чертежа с указанием необходимых допусков и посадок; формирование технических требований к изготовлению.

Создание центров компетенций в отрасли позволяет оперативно решать вопросы замены комплектующих и запасных частей оборудования: ремонт насосного оборудования, производство и ремонт буровых долот, производство и ремонт лопаток и других компонентов газотурбинных установок.

Реверс-инжиниринг (обратное проектирование) — это метод создания трехмерных цифровых моделей и/или рабочей конструкторской документации на существующий объект с целью его воссоздания, копирования или модернизации. Высокая его востребованность на текущий момент определила целую серию докладов.

Михаил Бондарь, руководитель направления судостроения ОКИ Neva Technology, отметил, что в зависимости от конечной цели обратное проектирование предполагает несколько уровней:

1. Визуализация (не для воспроизводства).
2. Обмеры (применяются для реверса деталей условно простых форм).
3. Компьютерная томография и рентген (получение STL-модели и проверка внутренней структуры).
4. Лазерное или оптическое сканирование (получение STL-модели или облака точек).
5. Твердотельное моделирование (получение STEP-модели).
6. Параметризация (создание параметризованной STEP-модели).
7. Выпуск РКД.
8. Прототипирование.
9. Серийный выпуск продукции.

3D-СКАНИРОВАНИЕ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДЛЯ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА
ИМПОРТНЫХ АВИАЦИОННЫХ ЗАПЧАСТЕЙ

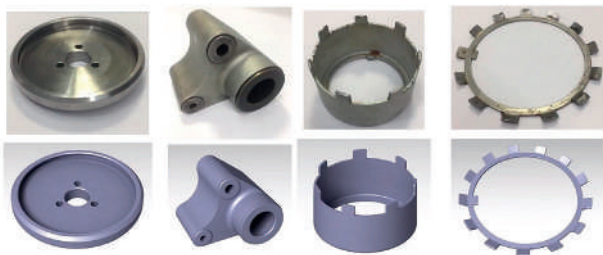


Рис. 14. 3D-сканирование и 3D-моделирование для реверс-инжиниринга импортных авиационных деталей.
Фото: ООО «ФИТНИК»

Алексей Сиверский, директор департамента «Создание и расчеты цифровых двойников», руководитель направления CAE IGA Technologies, остановился на этапах выполняемых работ, подчеркнув, что, как правило, заказчики готовы предоставить конструкторскую документацию (КД) первого уровня и ожидают, что это решит их проблему. На самом деле КД 1 уровня позволяет только распределить запросы в рынок; далее необходимо создавать конструкторскую документацию под конкретного производителя, определять геометрию, технические требования к сканированию и оцифровке, изменения в конструкции при необходимости и др.

Игорь Ермолин, заместитель директора по продажам ООО «ФИТНИК», свое выступление посвятил реверс-инжинирингу для импортозамещения авиационных деталей (рис. 14) и следующим образом сформулировал последовательность реализации проектов:

1. Запрос от заказчика, анализ и согласование ТЗ.
2. Подбор и согласование технических решений, проведение исследований материалов.
3. 3D-измерение деталей, 3D-моделирование исходной детали.
4. Разработка полного пакета конструкторской документации.
5. Изготовление опытных образцов.
6. Испытания и доработка КД по результатам, конструкторская поддержка производства.

Александр Пономарев, сервисный инженер i3D, отметил, что 3D-сканирование полезно не только для задач реверс-инжиниринга, но и для контроля геометрии объекта. Например, актуальна задача контроля отлитого изделия для внесения в модель поправки с целью минимизации коробления, чтобы деталь была приближена к CAD-модели (рис. 15).

ОТДЕЛЬНО О ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Каковы перспективы у аддитивных технологий в «литейке»? Что делать, если сломалась импортная литая деталь станка? По состоянию на 2019 год 54% отливок ввозилось в Россию из-за рубежа, в том числе 34% из Китайской Народной Республики. Все импортные отливки от-



Рис. 15. Применение 3D-сканирования для контроля геометрии.
Фото: i3D

личаются сложной геометрией, а в России изготавливались наиболее простые варианты. В текущей ситуации отечественные производители должны сами изготавливать подобные изделия.

Выступая с докладом, **Алексей Ембулаев, руководитель направления литейного оборудования компании i3D,** подчеркнул, что одним из главных достоинств АТ для литейных производств является экономия времени. Для изготовления литейной формы традиционным способом необходимо: изготовить модельную оснастку; сделать тестовое формование и в случае некорректности отправить модель на доработку; отформовать; выполнить нанесение антипригарного покрытия; залить металл. Для изготовления литейной формы методом 3D-печати необходимо только: осуществить 3D-печать модели; выполнить нанесение антипригарного покрытия; залить металл.

Напечатанные песчаные формы подвергаются соответствующей обработке и соединяются в единую форму (бок). Отливки отличаются хорошим качеством поверхности и отсутствием явных дефектов. Результаты рентген-контроля показывают хороший результат формования основных частей детали, отсутствие газовых раковин и других дефектов в топливных и сборочных отверстиях. Точность размеров находится в диапазоне допустимых погрешностей, что удовлетворяет условиям использования в реальных условиях вступления в строй и соответствует требованиям клиента (рис. 16).

Проектирование и производство в цифровом пространстве дает уникальные возможности:

1. Отливки соответствуют 7 классу точности.
2. Минимальные припуски — сокращение времени на постобработку до 36%.



Рис. 16. Примеры печати литейных форм. Фото: i3D

3. Создание сложных форм и стержней за часы вместо недель.

4. Сокращение времени на каждую итерацию при опытно-производстве.

5. Получение отливки нового изделия за 3 дня вместо месяцев.

6. Сокращение расхода материалов.

7. Отсутствие модельной оснастки.

8. Гарантия повторяемости получаемых форм и стержней.

9. Отсутствие человеческого фактора.

10. Прямая экономическая выгода при выпуске мелко-серийных изделий.

11. Возможности развития за счет диверсификации выпускаемой продукции.

12. Сокращение складских потребностей.

13. Бессрочное хранение моделей отливок и форм.

Чем выше сложность геометрии изделия, тем выше экономическая эффективность производства.

Алексей Банников, директор производственного центра песчаных литейных форм 3D-FAB Sandforms (подразделение группы компаний i3D), сделал сообщение на тему «Управление прочностью и газопроницаемостью аддитивных полимерно-песчаных литейных форм».

К параметрам, которые влияют на газотворность и газопроницаемость относятся:

1. Разрешение печати — 300–400 dpi.

2. Размер капли смолы (от 70 до 100%).

3. Толщина слоя печати по вертикали — 0,3/0,5 мм.

4. Соотношение нового и вторичного песка при выращивании.

5. Диаметр пор, заложенных в конструктив, — 1–3 мм.

6. Площадь пор на поверхности формы — 5–30%.

Для управления качеством предполагается:

1. Выращивание тестовых образцов для комбинаций параметров.

2. Осуществление замеров прочности, газопроницаемости, газотворности.

3. Построение таблиц/графиков зависимостей.

4. Выбор параметров печати при проектировании.

5. Подбор под параметры процента пористости для приемлемой прочности.

При этом остается проблема потери прочности формы при выгорании. Но существуют и другие способы борьбы с пористостью в отливке: использование тонкостенных форм с заформовкой в опоку с песком; покраска антипригарными смесями; заливка с поворотом формы; ламинарная струя расплава; вакуумирование формы, принудительное удаление газов.

Очевидно, что с применением аддитивных и цифровых компьютерных технологий литейное производство вошло в новую стадию перспективного технологического, экономического и экологического развития. Увеличение объемов производства отливок, повышение механических и эксплуатационных свойств литых деталей зависит от развития промышленных предприятий, которые производят оборудование и являются заказчиками литых деталей.

СЕРТИФИКАЦИЯ

Александра Кирьянова, инженер-конструктор АО «Композит», сделала доклад о планах предприятия по проведению сертификации материалов в период до

2025 года. В частности, запланирована разработка документации для материалов, получаемых методом аддитивно-субтрактивной технологии наплавки проволокой с последующей обработкой станками с ЧПУ и ультразвуковым упрочнением. Будут паспортизованы сварочные сплавы: титановая проволока и жаропрочная сталь, а также сплав на основе меди. Планируется разработка предложений по внедрению новых материалов в аддитивное производство. Запланированы работы по сертификации изготовления и оценке качества деталей и сборочных единиц ракетных двигателей. Будет выполнена оценка целесообразности применения АТ и экономической эффективности.

АО «Композит» является центром компетенций АТ (ЦКАТ) и проделало довольно большой объем работ по выявлению актуальных целей и задач в данной области. Так, был проведен мониторинг необходимости аддитивных технологий для 43 предприятий ракетно-космической отрасли, из которых 6 ответило, что они в принципе не нуждаются в развитии базы аддитивного производства, а 23 предприятия дали положительный ответ. Из числа давших положительный ответ 9 предприятий производят продукцию FDM-печатью, остальные 14 занимаются печатью металлом либо комбинированными материалами. Собранные предложения от предприятий будут сформулированы в стандартах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе конструктивного обсуждения выступавшие, рассказывая о собственных успехах и сложностях в работе, касались и мер государственной поддержки. Участники обсуждения заострили внимание на том, что аддитивные технологии имеют определенную специфику, которая заключается в том, что большая часть выпускаемой продукции предназначена для нужд оборонного комплекса. Поэтому необходимы специальные меры, которые стимулировали бы внедрение аддитивных технологий в гражданское производство.

При обсуждении вопросов качества оборудования была высказана, казалось бы, парадоксальная мысль: «Хорошо, когда пользователь не знает, как работает 3D-принтер, потому что если он не знает, значит, машина работает хорошо». Необходимо добиться того, чтобы из принтера выходили изделия, которые сразу бы устраивали клиента.

В целом, несмотря на введенные санкции, большинство участников стратегической сессии отметили позитивную динамику и расширение спектра возможностей для отечественных производителей материалов и оборудования. В этой ситуации необходима совместная скоординированная работа государственных органов, крупных корпораций, центров сертификации, предпринимательских союзов и ассоциаций, частных компаний по продвижению и стимулированию развития аддитивных технологий.

Ближайший форум по аддитивным технологиям и 3D-решениям Industry3D будет проходить 22–26 мая 2023 г. в ЦВК «Экспоцентр» в рамках выставки «Металлообработка».

Владимир Сорокин
Татьяна Карпова

Видеозапись конференции:
<https://industry3d.ru/archive/confitem76/>
<https://www.youtube.com/@industry3d534/videos>

УСЛОВИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Внедрение цифровизации в промышленности способствует решению самых актуальных вопросов, связанных с повышением производительности и эффективности производства, ростом качества продукции, организацией рационального использования ресурсов и др. В этой статье на примере изготовления металлических конструкций показано, какие шаги могут помочь предприятию оставаться конкурентоспособным в современных условиях.



Глеб Миклашевский,
эксперт по подготовке
производства металлических
конструкций
www.glebmiklashevskiy.ru

Введение

Государственные программы, направленные на цифровизацию экономики, заставляют предприятия обрабатывающих отраслей промышленности плотнее задумываться о политике и стратегии своего развития. Соответствие новым требованиям эффективности, которые предлагаются руководителями ведомственных учреждений посредством различных инициатив, является обязательным к исполнению для предприятий, которые желают сохранить свою актуальность в структуре производственных кластеров, обеспечивающих достижение целей и выполнение задач национального и государственного значения. Основной причиной введения подобных изменений является потребность системы в стабилизации финансовых потоков, повышении качества оказания государственных услуг, в том числе для производства и строительства объектов.

В стратегии цифровой трансформации, направленной на повышение цифровой зрелости обрабатывающих отраслей промышленности, наглядно демонстрируется ее актуальность и своевременность в связи с необходимостью повышения производительности труда, рационального использования национальных ресурсов и снижения доли брака на производствах по обслуживанию государственного заказчика. Кроме этого, в реальности существуют понятия низкой эффективности производственных мощностей, высоких транзакционных издержек и сложности формирования ответственных кооперативных цепочек в самом широком смысле этого определения. Безусловно, при наличии такого количества разноплановых отклонений от эффективности, требующих индивидуального рассмотрения в каждом конкретном случае, перспектива решения всех задач по оптимизации посредством единого инструментария с минимальной интеграцией в управленческую структуру предприятия выглядит чересчур амбициозно.

При этом на предприятиях обрабатывающей отрасли реализация инновационных программ по повышению цифровой зрелости, как правило, сводится к установ-

ке высокотехнологичного программного обеспечения с демонстрацией его работоспособности в идеальных условиях использования с ограниченной или неполной функциональностью. Подобный метод оптимизации является наименее эффективной стратегией по улучшению производственной конъюнктуры. Главной задачей цифровизации предприятий является установление контроля над работой производственных кластеров, исполняющих заказы государственного назначения. Контроль, в свою очередь, подразумевает возможность оперативного регулирования деятельности предприятия. При этом осуществление контроля возможно при условии углубленного понимания причинно-следственных связей технологических и административных процессов, управляемых системой прецизионного учета и реализованных с применением глобальной роботизации.

Глобальная роботизация

Роботизация — это продукт замещения ручного труда машинным с целью повышения производительности и эффективности использования производственных мощностей. По масштабу различают два основных типа роботизации — это коллаборативная и глобальная.

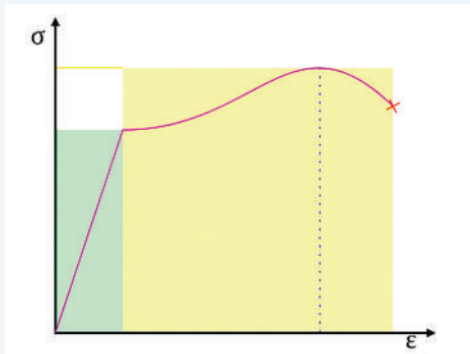
На сегодняшний день коллаборативная роботизация производства — явление достаточно распространенное в связи с технической унификацией и повторяемостью некоторых производственных процессов и технологических переделов. Однако ее применение имеет целый ряд существенных ограничений, связанных с критической турбулентностью химического состава и физических свойств используемых материалов в связи с отсутствием качественной подготовки производства полуфабрикатов к роботизированному исполнению отдельно взятых технологических функций.

В свою очередь, внедрение глобальной роботизации затрудняется подавляющим большинством «аналоговых» процессов, свойственных современным предприятиям обрабатывающей отрасли. Качественные отклонения физических свойств и характеристик полуфабрикатов, входящих в разногласие с принципами дискретной логики автоматизированных процессов, и отсутствие динамической корреляции процессов также является основным препятствием для ее широкого распространения в промышленности.

Для обеспечения нормальной работы систем автоматизированного производства (глобальной роботизации) необходимо расширить свои представления о внутренних процессах, протекающих внутри используемых материалов, научиться управлять ими, редуцируя возможные негативные воздействия самого материала на результаты производственной деятельности.

Например, основной причиной увеличения трудоемкости изготовления металлоконструкции и снижения ее

Рис. 1. Зависимость между механическим напряжением (σ) и деформацией (ϵ) обобщенного материала. Слева — упругие деформации, справа — необратимые.



качества является деформация. Обычно деформация сопровождается изменением межатомных сил, единицей измерения которого является упругое механическое напряжение. Деформации разделяют на обратимые (упругие) и необратимые (неупругие, пластические и ползучие). Упругие деформации исчезают после окончания воздействия приложенных сил, а необратимые остаются. Из определения ползучести материалов известно, что остаточные напряжения нарастают при постоянной нагрузке с течением времени (рис. 1). На практике реализация этих напряжений выражается изменениями геометрии заготовки под воздействием высоких температур от сварки и термической резки.

Таким образом, свойство аккумулирования остаточных механических напряжений в металле и приобретение новых по ходу производственного цикла делает внедрение автоматизированных систем глобальной роботизации невозможным или затруднительным в обычном понимании этого определения. Для повышения качества управления процессами помимо основного цикла производства, требуется принимать во внимание внутренние реакции материалов на внешние раздражители, влияющие на заготовку, на каждом из этапов установленного цикла. В качестве эффективного способа управления внутренними изменениями в материале может служить принцип удаления остаточных внутренних напряжений на этапе подготовки материала и предотвращения их накопления по ходу технологического цикла.

В нашем примере для удаления остаточных внутренних напряжений в металле используется механическое воздействие на плоскость листового и профильного проката с контролем пластификации (рис. 2). Предотвращение накопления происходит посредством сбалансированного (уравновешенного) хранения и снижения количества манипуляций с металлопрокатом.

Таким образом, первым принципом, необходимым для эффективного внедрения и работы автоматизированных систем глобальной роботизации помимо прочего является контроль за внутренними состояниями и физико-химическими свойствами применяемых материалов.

Идентификация

Впреки распространенному заблуждению, что качество готовой продукции зависит исключительно от технологии ее производства, я считаю, что соответствие готовой продукции предъявляемым требованиям не менее, чем на две трети, зависит от качественных характеристик тех материалов, из которых она изготовлена.

Помимо основных требований к применяемым материалам, широко представленных в нормативной литературе (ГОСТ, СНИП, и т.п.), в проектирование металлоконструкций, изделий для машиностроения и т.д. часто заклады-

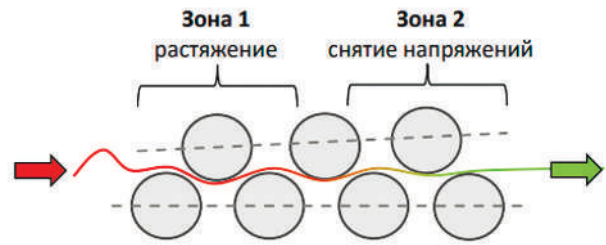


Рис. 2. Процесс выравнивания минимизирует дефекты плоскости и внутренние напряжения в металле многократным перегибом.

ваются некоторые специальные требования к отдельным свойствам материалов. Как известно, физические свойства и область применения материала напрямую зависят от химического состава и количества элементов, входящих в его состав. Намеренное уточнение массы одних химических элементов при стандартных значениях отклонений других в масштабе отдельно выделенной партии сырьевого материала наделяет ее специальными свойствами, принципиально необходимыми согласно требованиям проектной документации. Выделение этой отдельной партии из общего объема поставляемых на предприятие материалов с целью адресного применения для изготовления продукции с повышенными требованиями к качеству на сегодняшний день является практически невыполнимой задачей в обычных реалиях внутренней производственной конъюнктуры заводов металлообрабатывающей отрасли.

Самым простым и эффективным способом контроля химического состава применяемых материалов является их идентификация — формирование и сохранение индивидуального QR-кода материала, по циклу производства, с документальным подтверждением его физико-химических свойств, предоставленных изготовителем. Однако информация, зашифрованная по последнему слову техники, как правило, содержит: наименование предприятия-изготовителя, дату изготовления и прочие незначительные подробности, не имеющие принципиального значения в случае необходимости проведения расследований, связанных с обрушением или несчастными случаями на объекте эксплуатации изделий.

Система прецизионного учета

На первом этапе идентификации готовой продукции, особенно применяемой для строительства объектов социальной инфраструктуры, при формировании всей необходимой информации, содержащейся в паспорте о качестве (QR-код), необходимо ответить на три главных вопроса:

- какая информация об изделии заносится в базу данных предприятия;
- методы формирования этой информации (накладные, сертификаты, записи с производства и т.п.);
- способы проверки этой информации на соответствие действительности.

В качестве альтернативы текущим методам администрирования и учета (1С, ERP и т.д.) на некоторых заводах применяется система прецизионного учета, предназначенная для контроля за поступлением сырьевых материалов, повышения эффективности их использования, а также идентификации готовой продукции в полном соответствии требованиям государственных органов технического регулирования.

Использование подобных систем учета и всесторонний контроль за использованием ресурсов позволяет не только сократить потери эффективности использования материалов на 40–60% их стоимости на производстве, но и быстрее определять настоящие причины снижения ресурса изделий металлообрабатывающей отрасли.

В ближайшей перспективе с учетом темпов развития искусственного интеллекта система прецизионного учета будет способна объединить базы разрозненных данных о самых разных материалах с указанием завода-изготовителя сырья, даты его производства и координат изделия, на котором этот материал был использован. Таким образом, в информации о применяемых материалах появятся не только уточненные данные о производителях сырья, но и длинной цепочке всевозможных посредников, позволяющие в точности идентифицировать материал, контролировать логистические перемещения и формирование добавочной стоимости соответственно.

Ценность и стоимость

На сегодняшний день процессы закупок сырьевых материалов для обеспечения производства руководствуются принципами экономии в самом узком диапазоне значений этого понятия. При этом определение подлинной экономичности и целесообразности остаются в стороне от базовой парадигмы принятия решений об использовании тех или иных компонентов в изделиях. Тождественное равенство экономии, экономичности и целесообразности невозможно по целому ряду причин, главными из которых, на мой взгляд, являются скрытые различия аналогов, по степени соответствия предъявляемым требованиям. Вторая причина кроется в методологии формирования этих требований и оценке их объективности. Другими словами, необходимо понимать, что самая низкая стоимость сырьевых материалов и компонентов для обеспечения производства имеет под собой фундаментальные причины, выраженные

в критических несоответствиях объективным критериям оценки, незнание или неполное представление о которых, не освобождает предпринимателей от негативного воздействия на эффективность производства и снижения его производительности в связи с использованием компонентов, приобретенных по самой «лучшей» цене.

Выводы

Эффективное использование технологий глобальной роботизации предусматривает ламинарное, беспрепятственное движение заготовки от стадии сырьевых материалов к выпуску готовой продукции. Во избежание коллизий и нештатных остановок на производстве, использование автоматизированных линий предусматривает обеспечение дискретной логики процессов, а также соответствия заявленных характеристик приобретаемых материалов по химии, физике и геометрии необходимым требованиям отдельно взятого технологического передела и качества готовой продукции.

Примечательно, что с течением времени все большее количество предприятий металлообрабатывающей отрасли, рассматривают управление качественными характеристиками используемых материалов как надежный способ повышения качества своей продукции и значительного снижения издержек на производстве. Как ни парадоксально, но, несмотря на значительные успехи в различных областях промышленности и технологических инноваций, мы демонстрируем излишнюю осторожность в вопросах модернизации и продолжаем действовать в узких рамках отдельных инструментариев и привычных методологий. Использование системы прецизионного учета, идентификации, формирования и предъявления объективных требований к материалам на производствах с работающей системой глобальной роботизации являются основными условиями повышения цифровой зрелости предприятий обрабатывающей отрасли.

rosmould & 3D-TECH
rosmould.ru

Международная выставка пресс-форм и штампов, оборудования и технологий для производства изделий

6–8 июня 2023
МВЦ «Крокус Экспо», Москва

3D-TECH
Специализированная экспозиция аддитивных технологий и 3D-печати

Промокод для получения бесплатного билета
RM23-QLTWS

GA GEFERA MEDIA

ВЫБОР МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Постоянное стремление к повышению эффективности, сокращению временных затрат, повышению качества продукции, совершенствованию технологии изготовления, поддержанию конкурентоспособности и современных тенденций заставляет производителей оборудования искать технологические и конструкционные решения, выходящие за классические рамки, представленные в привычных справочниках по металлообрабатывающему оборудованию, а поставщиков ЧПУ — эти решения поддерживать.



**Марина Валерьевна
Вилкина**

Безусловно, не все отечественные производства и их технические специалисты имеют возможность внимательно следить за мировыми тенденциями оборудования, представляемыми на международных выставках. За громкой рекламой и прекрасным маркетингом сложно оценить все достоинства и недостатки применительно к конкретным заводским задачам. Нередко технологи, рассматривая вопрос изготовления новой номенклатуры изделий, даже представления не имеют, что вместо трех единиц оборудования могут закрыть эту задачу одним станком (рис. 1). Слишком быстро развивается рынок многофункциональных станков, и слишком медленно это развитие доносится до нас.

В этой статье рассмотрим многофункциональное токарно-фрезерное оборудование с ЧПУ и возможности, которое оно открывает. Начнем с терминологии, трудности интерпретации которой говорят о многом. Приведу одно из названий этой большой группы оборудования: Advanced Multi-Turret/Multi-Spindle/Multi-Channel Mill-Turn and Swiss Type machines. Первое слово означает «сложное, продвинутое, более высокого уровня», происходит сравнение с «обычным» токарно-фрезерным станком. В этом месте

стоит уточнить, что современные поставщики решений для этого оборудования понимают под «обычным». Чтобы никто не сомневался, далее идет уточнение из трех фраз с приставкой Multi- — имеется в виду оборудование с базовой токарной горизонтальной компоновкой, имеющее несколько независимо управляемых узлов для крепления инструмента (инструментальный суппорт), несколько шпинделей (место крепления детали), управляемых двумя и более каналами. То есть данное определение обращается и к конструкции станка, и к его системе управления. Многоканальность означает, что осей, которые надо запрограммировать через ЧПУ для обработки, слишком много, чтобы уместить в одну управляющую программу, иначе они будут дублироваться для ЧПУ. Управление осями приходится разносить по нескольким каналам управления.

На рис. 2 показан пример одновременного использования дублирующихся осей. Справа и слева от изделия расположены инструментальные суппорты, имеющие независимое перемещение по одной и той же глобальной оси (X). Если бы управление было одноканальным, то осуществить одновременное резание было бы невозможно — в один и тот же момент времени работать могла бы только одна ось, либо одна из осей была бы не кинематической, то есть осуществляла бы только позиционирование узла (как перемещение задней бабки токарного станка, которая не меняет свое положение в процессе резания). С двумя каналами — по одному на каждое повторение оси — такого ограничения нет. В данном случае это преимущество используют для сокращения времени цикла обработки. Можно выполнять так называемое балансное точение — одновременное удаление материала с одного и того же контура (рис. 3).

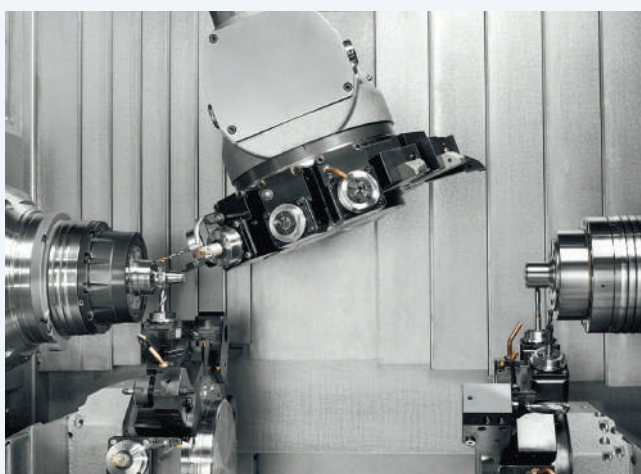


Рис. 1. Токарно-фрезерный станок с тремя револьверными головками, одна из которых оснащена поворотной В-осью

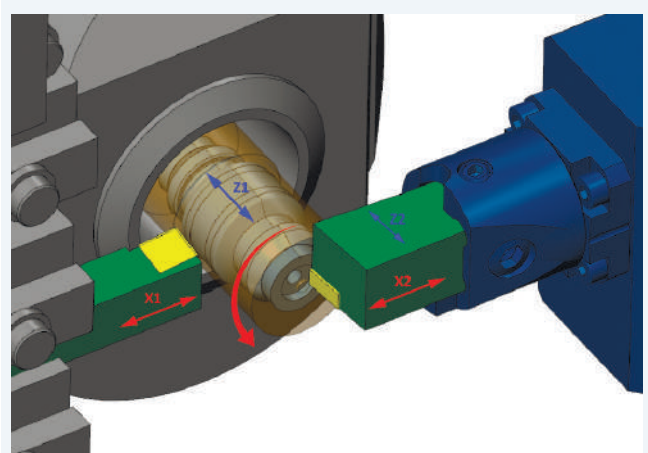


Рис. 2. Пример одновременного использования осей X и Z в двух каналах

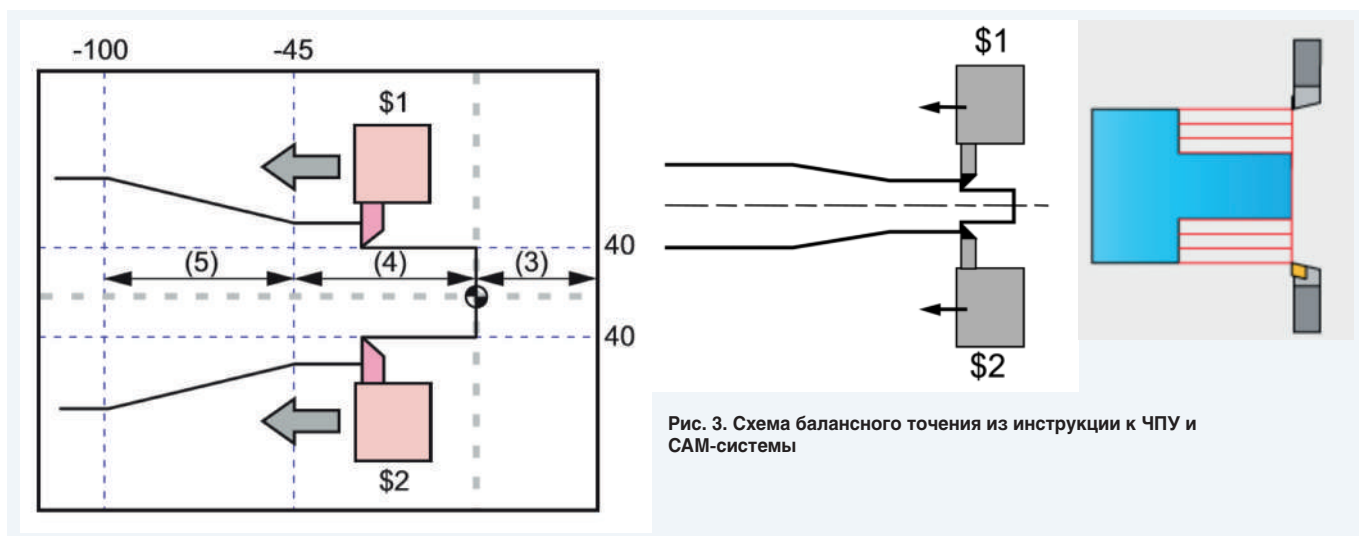


Рис. 3. Схема балансного точения из инструкции к ЧПУ и САМ-системы

Естественно припуск разбивается по глубине и резцы перемещаются со смещением по одной или сразу двум осям. Таким образом, время удаления материала сокращается в два раза.

Второй, менее распространенный вариант сокращения времени цикла для данной раскладки осей — это одновременная обработка двух разных токарных элементов. Например, сверление и точение/обработка канавки (рис. 4). Естественно, данная обработка имеет некоторые ограничения: значение частоты вращения детали в шпинделе может быть только одинаковым для обоих инструментов (они «делят» привод), оно должно соответствовать допустимым значениям для обоих инструментов и достаточным для удовлетворения условий резания. Кроме того, оси Z также должны быть независимыми: сверло перемещается с собственной подачей и по собственной траектории, резец, соответственно, по своей. Также мы понимаем, что в данном случае необходимо программировать именно обороты, а не постоянную скорость резания, то есть такой подход будет актуален только для незначительных перепадов обрабатываемых диаметров, при которых частота вращения будет иметь относительно постоянное значение.

Почему менее распространенный?

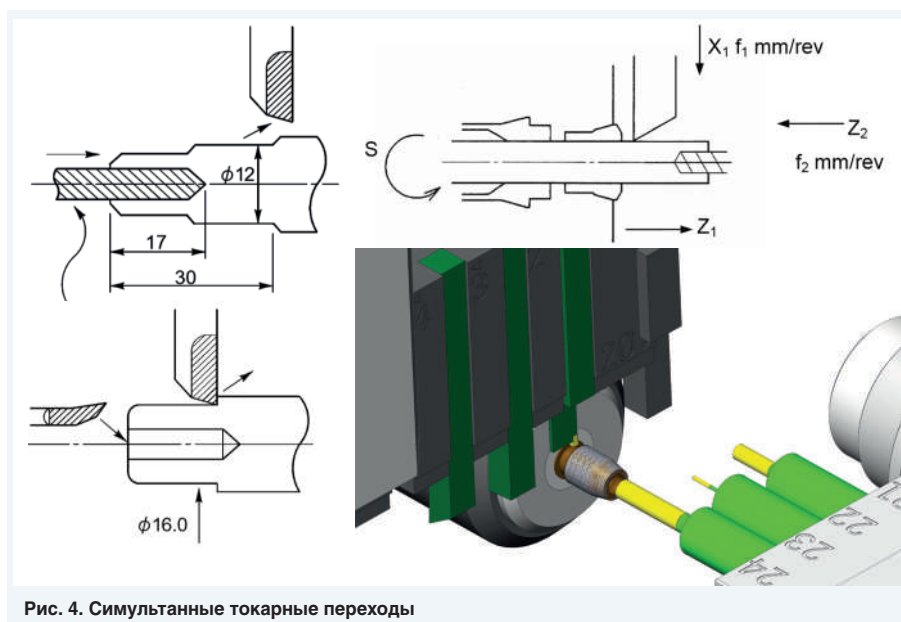


Рис. 4. Симультанные токарные переходы

Несущественный для изменения скорости резания перепад диаметров (кроме перехода торцовки) характерен для мелкогабаритных деталей, изготавливаемых из прутка, диаметры которого поддерживаются стандартными конфигурациями барфидеров (рис. 5). Именно по признаку максимального диаметра и хотелось бы разделить рассматриваемое оборудование.

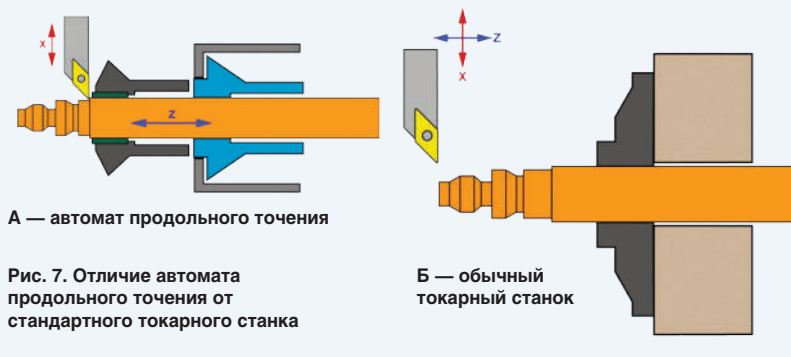
Максимальный возможный диаметр заготовки для группы деталей, изготовление которых планируется перенести на многофункциональный токарно-фрезерный станок, следует рассматривать как главную конструкционную особенность при подборе оборудования. Хотя единого мнения и не существует, так же как не существует официального мирового стандарта, все-таки в качестве рекомендации хочется выделить следующие размерные группы: 1 — диаметр прутка до 32 мм; 2 — более 32 и до 60 мм; 3 — более 60 мм. Давайте рассмотрим, какие конструкции предлагают станкостроители.

Первую группу, тела вращения с разнообразными фрезерными элементами, которые можно получить из прутка диаметром до 32 мм, разумно изготавливать на автоматах продольного точения (АПТ) или станках швейцарского типа (Swiss Type machines/Sliding Headstock automation

CNC lathe, рис. 6). Их выделяют в отдельную группу, у которой есть распространенное узнаваемое название благодаря особой конструкции главного шпинделя. Последняя обеспечивает полноценную управляемую ось, осуществляющую перемещение по Z прутка заготовки. При этом режущий инструмент по Z не перемещается, а поддерживает оставшиеся линейные оси. Благодаря такой схеме область резания не перемещается вместе с инструментом, а всегда находится очень близко к месту крепления прутка, позволяя минимизировать вибрации и изгиб (рис. 7). Становится возможным обрабатывать изделия более 5 диаметров длиной, не сталкиваясь с необходимостью дополнительных мер поддержки или искривлением оси из-за нагрузки на конце прутка.



Рис. 5. Примеры мелкоразмерных деталей с токарно-фрезерными элементами, изготавливаемых из прутка



А — автомат продольного точения

Рис. 7. Отличие автомата продольного точения от стандартного токарного станка

Б — обычный токарный станок

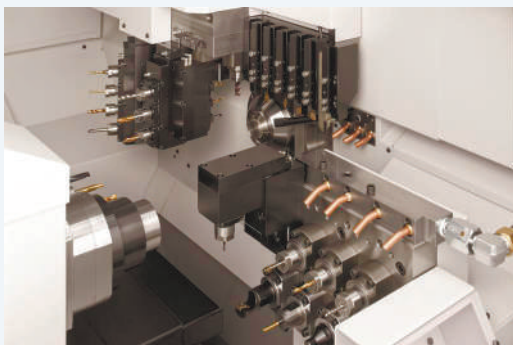
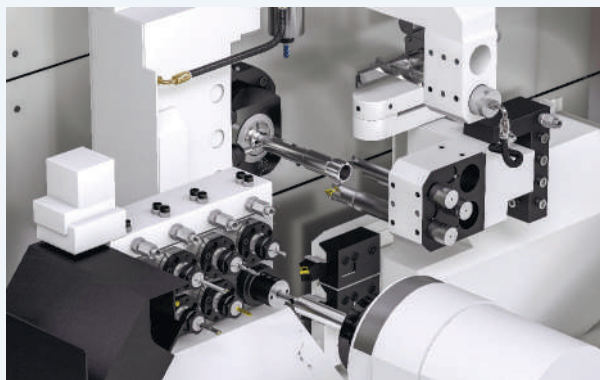


Рис. 6. Автомат продольного точения

Существует и обратная сторона, ограничение, которое следует иметь в виду. Для обработки геометрии прутков перемещается не только навстречу к инструменту (рис. 7а), но и возвращается в люнетную цангу. Если диаметр был уже обработан, то его размер меньше внутреннего диаметра цанги и при превышении допустимого расстояния возврата, при повторной подаче в зону резания, может просто не попасть в отверстие и разбить люнет. То есть обработку разбивают на участки вдоль главной оси, длина этих участков не превышает допустимое расстояние возврата прутка в люнет во время обработки. Еще одна особенность касается технологии — если обрабатываемый материал имеет склонность к образованию заусенцев, то подобная твердая концентрация материала в конце участка обработки при возврате в люнет также может его повредить. Необходимо предусмотреть фаску, которая срежет накопившийся заусенец между контуром и прутком. Невозможно не упомянуть и качество самого прутка. К нему предъявляются серьезные требования (до h9), их стоит уточнять при выборе модели оборудования и барфидера. Обработка малых диаметров требует высоких оборотов, кривые длинные прутки невозможно использовать на станках швейцарского типа. Иногда приходится дополнительно применять бесцентровую шлифовку для подготовки прутков неудовлетворительного качества.

Стоит отметить и еще одну особенность АПТ — длительное время переналадки. Во-первых, если меняется размер прутка, то придется сменить шпиндельную и люнетную цангу, а для этого разобрать переднюю бабку. Стоит заранее узнать, как в той или иной модели станка происходит эта замена. Некоторые производители, зная об этой особенности и остроте проблемы, сразу предлагают удачные конструкции в качестве конкурентного преимущества, добавляют эту информацию в маркетинговые материалы и свои видео на YouTube. Противопиндель у АПТ всегда оснащен цанговым патроном, поэтому при смене диаметра для перехвата заготовки его цангу тоже придется менять. Смена инструмента, напротив, может происходить быстрее, так как АПТ не часто имеют револьверную головку, а оснащены инструментальными суппортами линейного типа. К тому же при проработке технологии изготовления номенклатуры изделий пытаются группировать их по принципу одного набора инструментов или минимальной замены (чаще всего это сверлильный инструмент). В этом отношении АПТ имеют преимущество — много инструментальных позиций, которые могут закрыть потребности сразу серии изделий. Недостатком линейных суппортов АПТ является трудоемкий процесс их выставления и привязки. Никаких автоматических средств типа Renishaw в этой системе не предусмотрено, все делается через «касания» прутка, при этом надо строго выдерживать рекомендуемый диапазон вылетов из держателей (рис. 8), иначе можно повредить что-то при смене.

Рис. 8. Пример допустимых размеров вылетов инструмента

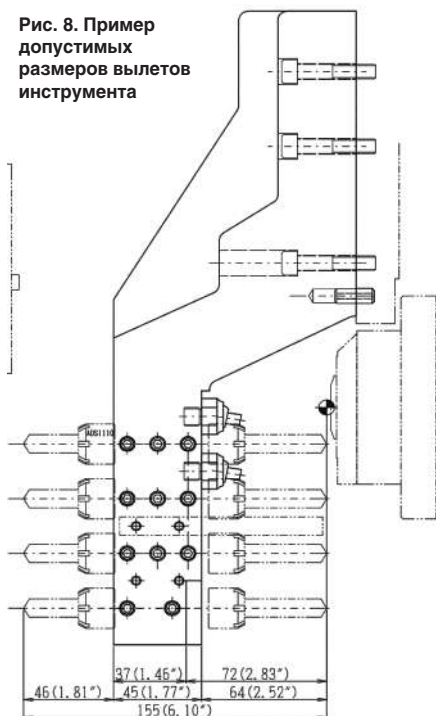


Рис. 9. Удлиненные цанги противощпинделя

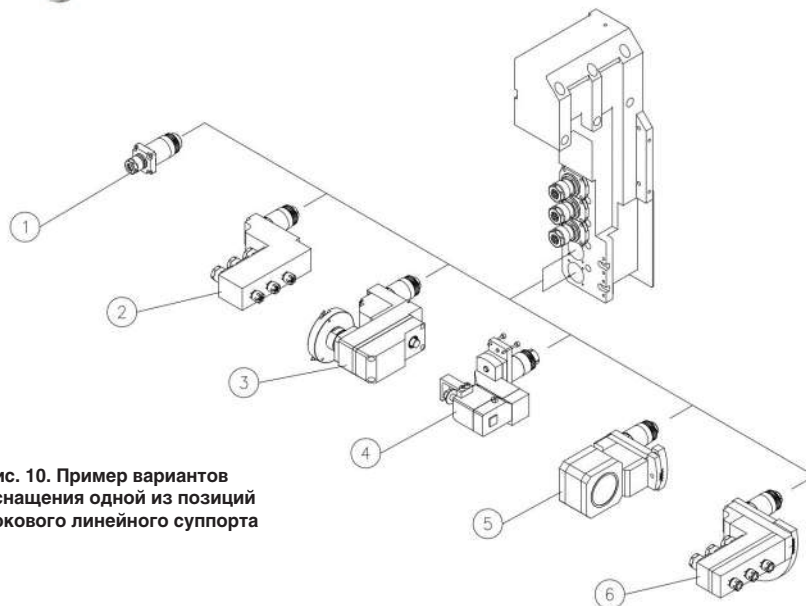


Рис. 10. Пример вариантов оснащения одной из позиций бокового линейного суппорта

При расчете стоимости АПТ следует учитывать наборы оснастки. В частности, цанги (шпиндельные и люнетные) под диапазоны диаметров, а также удлиненные цанги противощпинделя (рис. 9), которые приходится использовать для перехвата коротких деталей, когда второй шпиндель не может так близко подойти к главному для перехвата, или в случае синхронной обработки длинных изделий с поддержкой вторым шпинделем, когда перепад между диаметром зажима и диаметром патрона слишком велик и резцу не подойти. Необходимо обратить внимание и на оснащение станка держателями инструмента. Часто рекламные материалы демонстрируют максимально возможное разнообразие оснастки, хотя базовая комплектация будет намного скромнее. Инструментальные держатели могут существенно увеличить количество используемого инструмента, расширить диапазон доступной для обработки геометрии, а также добавить дополнительные возможности, например, вихревого нарезания резьбы (рис. 10). Сложностей в оснащении может добавить размер инструмента. Если в револьверной головке, как правило, мы встречаем три размера — квадратное сечение резца, максимальный диаметр сверла и максимальный диаметр фрезы, то из-за разнообразия многоинструментальных держателей в одной и той же модели может появиться необходимость иметь резцы с разным сечением. К тому же они имеют требование к части, куда крепится пластина, ее сечение должно быть такого же размера, как у основной части, и не выступать.

Вышеперечисленные настораживающие особенности окупаются многофункциональностью АПТ, высокой скоростью изготовления и рядом уникальных специальных функций. Например, высококачественная обработка длинных деталей (200–300–500 и более мм) малого диаметра (до 32 мм) за счет конструкции главного шпинделя, поддержки противощпинделя и их синхронизации по оси Z. Резец перемещается только по оси X (диаметр), а изделие движется по синхронизированным осям Z главного шпинделя и противощпинделя. Доступно точное позиционирование

для осей C (на главном шпинделе и противощпинделе), то есть можно выполнять фрезерные элементы со всеми требованиями расположения в двух шпинделях. Доступно большое количество осевого и радиального инструмента, есть модели с ручной, программируемой индексной и симультанной осью B. Предусмотрены условия для серийной обработки — есть ловушка и конвейер деталей. Станки спроектированы для круглосуточной работы. Выигрыш времени цикла в основном происходит за счет синхронизации работы каналов станка: инструментальные суппорта противощпинделя заканчивают предыдущую деталь, когда параллельно происходит обработка следующего изделия на главном шпинделе.

Программирование такой параллельной обработки требует особого внимания, часто для этого используют САМ-системы (рис. 11). При этом специалисты отмечают, что только задачи синхронизации каналов недостаточно для программирования в САМ, изделия должны иметь сложную фрезеровку и/или требовать программирования специальных режимов (как балансное точение и многие другие, доступные только для АПТ). С другой стороны, высокая стоимость оборудования и оснастки также должна окупаться стоимостью изделий, поэтому проблема выбора САМ-системы может стать актуальной при приобретении оборудования.

Вторую группу — токарно-фрезерные изделия с диаметром заготовки от 32 до 60 мм — часто дополнительно подразделяют на подгруппы: от 32 до 42 мм и от 42 до 60 мм. Это связано с конструкцией шпинделя и размером цангового патрона. В первую очередь стоит отметить, что многофункциональное оборудование для изделий из указанного размерного ряда некоторые поставщики выделяют отдельным названием, а некоторые — нет. Например, на сайте популярного в России поставщика Quick-Tech они называются Advanced Multi-Tasking Lathe (сложные многозадачные токарные станки, рис. 12), у бренда Ge-Fong — Fixed Head Automatic Lathe (Gang tool/Turret — автоматический токарный станок с фиксированным шпинделем

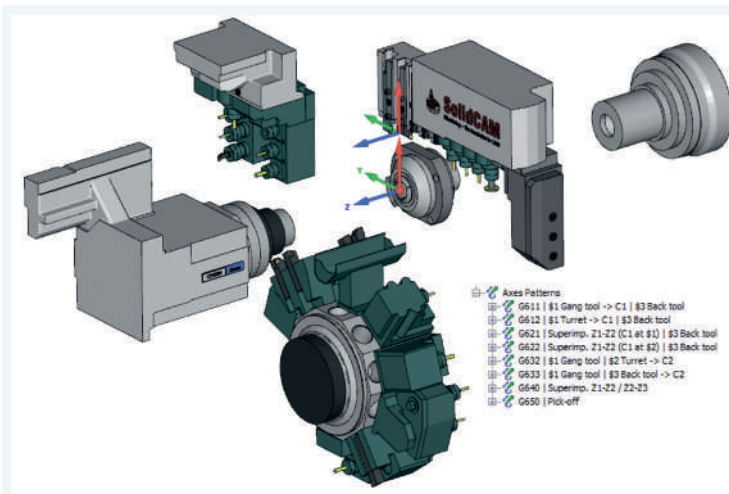


Рис. 11. Программирование трехканального АПТ в САМ-системе

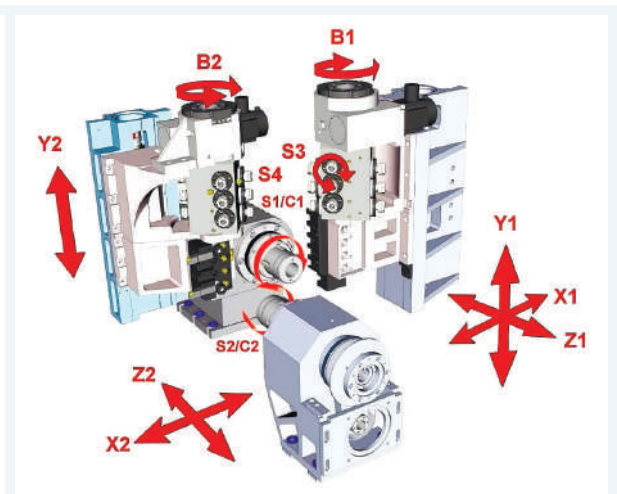


Рис. 12. Многофункциональный токарно-фрезерный станок с двухканальным управлением

(линейный суппорт/револьверная головка, **рис. 13**), но возможно, что специального названия не будет. Давайте рассмотрим характерные особенности этих станков.

Главное отличие — это отсутствие Sliding Head, то есть хотя пруток и подается в зону резания барфидером, но не имеет возможности управления программированием оси Z. Последняя перемещает инструмент. То есть мы имеем дело со стандартным токарным станком — заготовка зафиксирована все время обработки, а инструмент перемещается по линейным осям. Следующее отличие связано с размерами шпинделя. Для эффективной работы с прутком и в связи с размерами изделий оборудование оснащено цанговыми патронами для работы с прутками до 32 мм, до 42 мм или до 60 мм, в некоторых моделях возможна замена на трехлапчатый патрон, однако надо внимательно проверять, входит ли он в комплект поставки и возможна ли его установка в принципе. Часто в названии модели станка фигурирует максимальный диаметр прутка (то есть соответствующий патрон). Часто встречающаяся ошибка при подборе такого оборудования — желание взять модель с максимально возможным поддерживаемым диаметром для резания «всех» прутков. В этом случае не учитывают, что патрон для 60 мм прутка имеет слишком большой наружный диаметр для обработки, например, 10 мм прутка, и приходится увеличивать вылет заготовки, тем самым ухудшая условия обработки; короткие детали иногда становится невозможно обработать в принципе — инструмент не может безопасно подойти к такому большому диаметру — надо увеличивать вылет из суппорта, но в некоторых конструкциях в этом случае инструмент заденет кожух станка при смене. Поэтому следует внимательно рассчитывать обработку деталей малого диаметра для моделей с большими патронами, возможно, даже моделировать рабочую зону.

Следующая особенность — маленькая рабочая зона, близко расположенный инструмент, несколько инструментальных суппортов, часто линейного типа, могут сочетаться с револьверными головками (**рис. 14**). Оснащение рабочей зоны таких станков стоит рассматривать очень внимательно. Необходимо выяснить, какое количество инструмента возможно установить, так как часто переналадка, как и для АПТ, будет трудоемким процессом. Проблемы с привязкой инструмента такие же. Из-за специфической конструкции инструментальных суппортов монтаж инструмента

может быть сильно осложнен. Станки также оснащены ловушкой и конвейером для деталей. Для автоматической работы стоит рассмотреть модели, имеющие второй шпиндель. Можно осуществлять перехват детали и жесткую отрезку в двух шпинделях, а также как минимум дорабатывать торец, чтобы уйти от слесарных работ. Если для изделий характерны ступенчатые отверстия с расточками и резьбами, то рекомендуется заранее просчитать количество инструмента и сопоставить с доступным на станке. Сложным может быть и монтаж мелких расточных резцов, которые асто представлены твердосплавными вставками, а не сборным инструментом с пластиной.

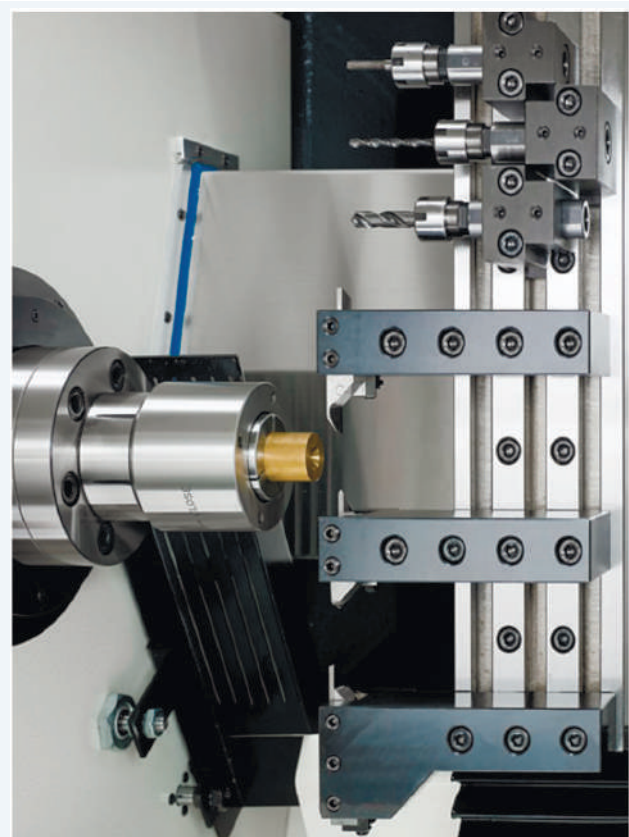


Рис. 13. Автоматический токарный станок с фиксированным шпинделем и линейным суппортом

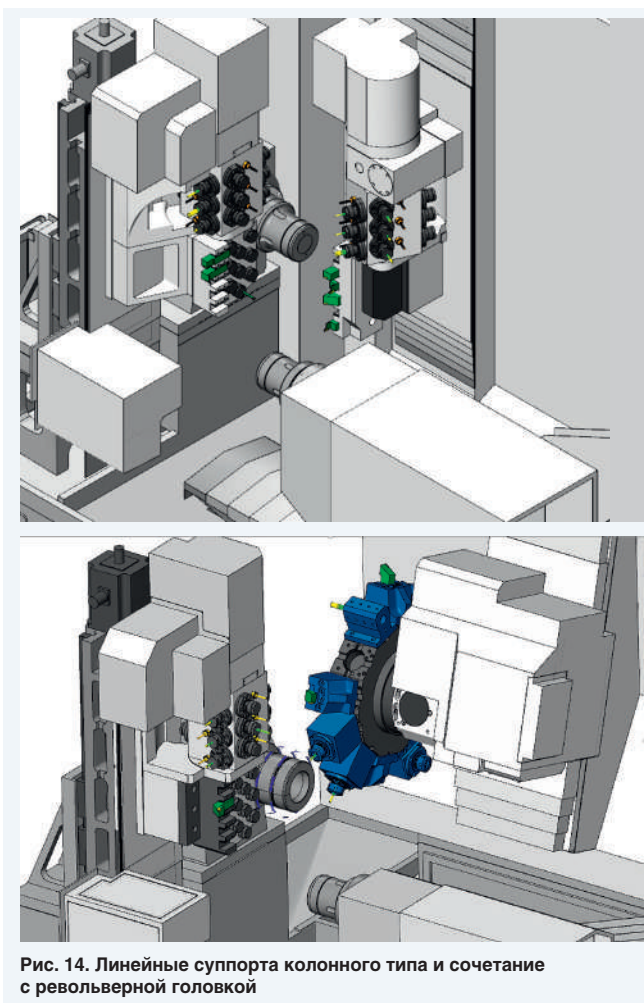


Рис. 14. Линейные суппорта колонного типа и сочетание с револьверной головкой

Основная проблема — их позиционирование и выставление в рабочее положение по осям. Это решается специальной оснасткой, в которой внутреннее положение твердосплавной вставки корректно ориентируется относительно наружных лысок, для которых должно быть предусмотрено позиционирование уже в инструментальном суппорте.

При изготовлении детали диаметром более 60 мм барфидер уже не используют. Рабочая зона оборудования будет достаточно просторной для размещения там нескольких револьверных головок и/или поворотного фрезерного шпинделя. Такие модели не являются редкостью и хорошо известны, некоторые модификации стали классическими (рис. 15). В настоящее время станкостроители все равно продолжают удивлять интересными решениями и попытками совместить и комбинировать функционал. Например, добавить поворотную ось В к револьверной головке (рис. 1 и 16).

В текущей ситуации российские производства получают все новые технологические вызовы: переориентация, увеличение выпуска, абсолютно новые изделия, не характерные прежде, поиск аналогов, дефицит кадров, срочное повышение квалификации без отрыва от производства, прекращение поставок оборудования, инструмента и оснастки от бывших когда-то надежными поставщиков. Последнее заставляет искать новые связи и открывать новые рынки, искать нового сотрудничества и быстро приспосабливаться к открывающимся возможностям. Современные технические решения могут представлять

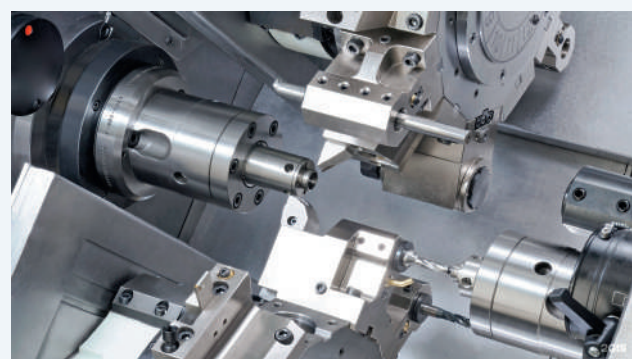


Рис. 15. Широко известные схемы организации рабочей зоны многофункциональных станков

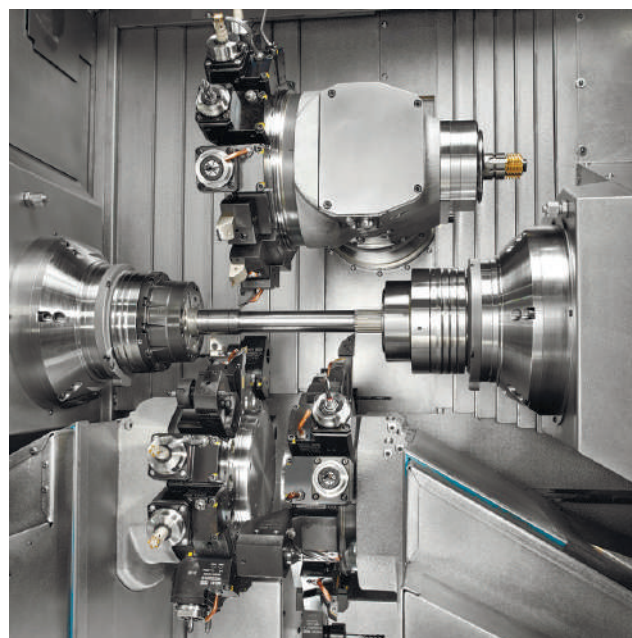


Рис. 16. Комбинация с двумя револьверными головками и верхним суппортом с осью В, фрезерным шпинделем и револьверной головкой — 4 инструментальных суппорта

интерес для достижения поставленных целей. Большое количество нестандартных, но эффективных вариантов конфигурации оборудования предлагает именно азиатский рынок, что актуально в текущих условиях. Для успешного подбора оборудования необходимо тщательно сгруппировать изделия, продумать технологию и оснастку, а также просчитать возможности рабочей зоны и взаимодействие узлов станка в ней.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

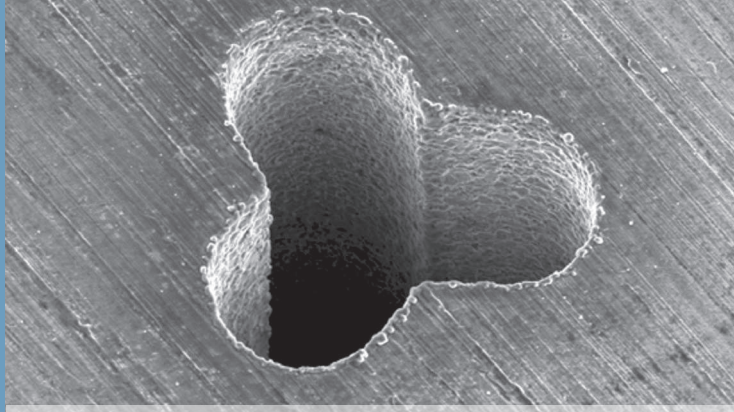


Фото: [14]

Электроэрозионное фрезерование (ЭЭФ) является сравнительно новым способом электроэрозионной обработки. Его особенности недостаточно исследованы, а специализированное оборудование для практической реализации только начинает разрабатываться и получать широкое применение. Многие операции ЭЭФ могут быть реализованы на имеющемся оборудовании для объемного копирования. Наиболее широкое применение ЭЭФ получило для микрообработки. Методы ЭЭФ позволяют обрабатывать поверхности, которые не могут быть получены проволоочной резкой и прошивкой. К ним относятся фасонные углубления и окна с обратным уклоном, глухие отверстия с обратной конусностью, узкие сквозные и глухие щели с переменным наклоном и т.д. Введение в конструкции деталей подобных элементов, нетехнологичных при использовании других методов механической, электрофизической и электрохимической обработки, может расширить арсенал конструктивных решений изделий и придать им новые свойства.



Алексей Георгиевич Бойцов



Артём Аркадьевич Горланов

Сегодня ЭЭО стала средством для получения недорогой высокоточной продукции в основном и инструментальном производстве. Это связано с тем, что она позволяет получить значительный выигрыш за счет снижения трудоемкости подготовки производства, универсальности, высокой точности. Это дает возможность значительно ускорить производство новых образцов изделий.

Широкое практическое применение получили технологии электроэрозионной проволоочной резки, электроэрозионного объемного копирования, прошивки отверстий круглыми и профилированными электродами, микрообработки.

Электроэрозионное фрезерование является сравнительно новой разновидностью электроэрозионной обработки, получающей развитие в последние годы. Его основными достоинствами являются: простая технологичная форма электродов-инструментов и, благодаря наличию свободного пространства и вращению электрода-инструмента (ЭИ), улучшенные условия вывода продуктов разрушения из зоны обработки. По сравнению с технологией копирования устранением этапов проектирования и изготовления ЭИ существенно сокращается цикл технологической подготовки производства, обеспечивается гибкость и легкость переналадки на выпуск других изделий.

Диаметр электрода-инструмента выбирается в зависимости от размеров и кривизны элементов поверхностей,

подлежащих обработке. Обработка некоторых типовых элементов деталей (пазы, узкие щели, резьбы и др.) может производиться дисковыми вращающимися электродами. Особые преимущества имеет ЭЭФ при обработке выемок с глубоким профилем.

ЭЭФ может использоваться для различных работ, связанных с вырезкой и контурной обработкой деталей, получения глухих и сквозных отверстий и окон различной формы, обработки сложных поверхностей, прошивки отверстий малого диаметра, узких пазов и щелей, гравирования и маркирования, формирования регулярных микрорельефов, резьб и др. Некоторые схемы ЭЭФ приведены на **рис. 1** и **2**.

В настоящее время ЭЭФ выполняют на оборудовании для электроэрозионной прошивки с расширенными функциями. Специализированное оборудование разработано для микроэрозионного фрезерования (**рис. 3**).

При микроэрозионном фрезеровании возможность обработки мелких элементов достигается применением специальной методики получения электродов-инструментов, основанной на технологии микроэлектроэрозионного шлифования. Законцовки электродов, получаемых этим способом, могут иметь диаметр до 25 мкм. В качестве материала электрода используют вольфрамовую проволоку или твердосплавные стержни $\varnothing 0,5 \dots 1$ мм. Устройство для электроэрозионного шлифования может быть встроено в станок, и изготовление электрода-инструмента, установленного в шпиндель станка, выполняется непосредственно перед обработкой. На **рис. 4** показаны некоторые возможности микроэрозионного фрезерования.

Одним из важнейших факторов, определяющих эффективность ЭЭФ, является износ электрода-инструмента. При обработке стержневым электродом для сохранения формы электрода-инструмента необходимо удалять материал тонкими слоями и использовать компенсацию его износа (**рис. 5**).

Величина износа электрода-инструмента может измеряться в процессе обработки и вводиться в качестве коррекции в управляющую программу [1].

Как и другие технологии ЭЭО, электроэрозионное фрезерование развивается в направлениях увеличения производительности, снижения относительного износа

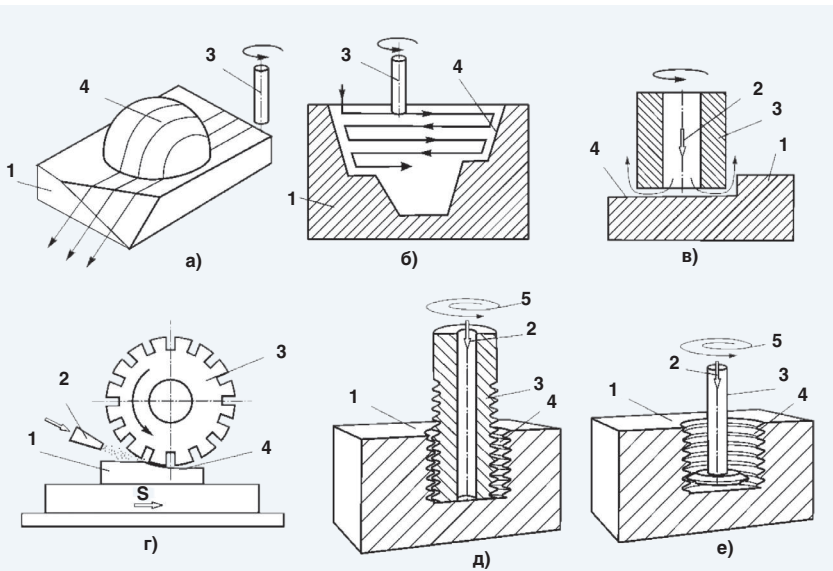


Рис. 1. Схемы обработки электроэрозионным фрезерованием: а) сложнопрофильных поверхностей; б) выемок; в) плоскостей, отверстий, выемок с подачей диэлектрической жидкости через тело электрода-инструмента; г) пазов и щелей; д), е) резьб. 1 — обрабатываемая заготовка; 2 — подача диэлектрической жидкости; 3 — электрод-инструмент; 4 — обработанная поверхность; 5 — винтовая подача электрода-инструмента

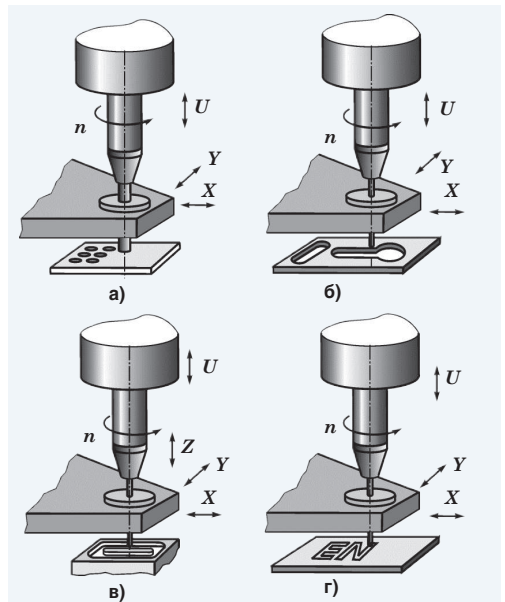


Рис. 2. Схемы электроэрозионного фрезерования вращающимся стержневым или трубчатым ЭИ: а) обработка отверстий; б) вырезка из листового материала; в) обработка фасонных поверхностей; г) гравирование и маркирование



Рис. 3. Станок MG-ED72W и SARIX SX-50 для микроэрозионного фрезерования

электрода-инструмента, шероховатости, величины дефектного слоя и уровня растягивающих остаточных напряжений. Основными факторами, определяющими перечисленные характеристики, являются условия протекания электрических разрядов, управление величиной межэлектродного зазора, вид и свойства диэлектрической среды и условия ее подачи в межэлектродный зазор, условия удаления продуктов эрозии и внешнее воздействие на процесс. В зависимости от фазового состояния диэлектрической среды различают (рис. 6) традиционное ЭЭФ в жидких средах (в ваннах, поливом или прокачкой), в газовых средах («сухое» ЭЭФ), в смесях жидкости и газа («полусухое» ЭЭФ).

Сравнительный анализ применения различных диэлектрических сред приведен в таблице 1.

Традиционная электроэрозионная обработка в жидких диэлектриках имеет ограниченную скорость удаления продуктов эрозии вследствие сравнительно высокой вязкости жидкостей. Например, деионизированная вода имеет более высокую вязкость 89×10^{-5} Па·с, чем кислород $2,1 \times 10^{-5}$ Па·с или аргон $2,3 \times 10^{-5}$ Па·с. То есть при таком же давлении подачи диэлектрической среды при сухой электроэрозионной обработке можно достичь значительно больших скоростей потока. Проникающая способность газового потока также значительно выше, чем жидкости, что способствует лучшим условиям удаления продуктов разрушения, обеспечивая повышение производительности обработки

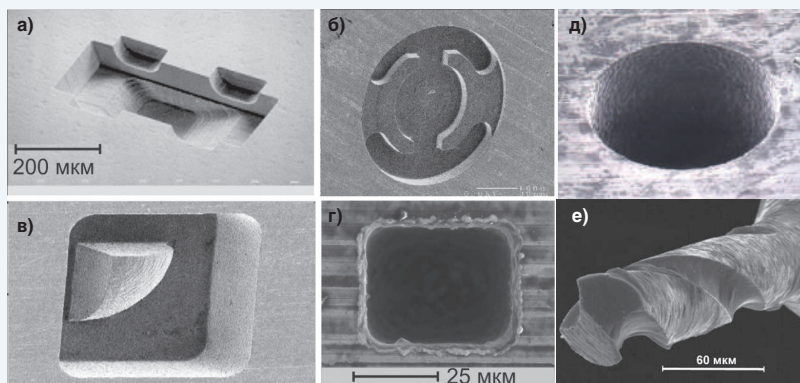


Рис. 5. Компенсация износа электрода-инструмента



↑ Рис. 4. Иллюстрация технологических возможностей микроэлектроэрозионного фрезерования: а), б), в), г) элементы со сложными поверхностями; д) отверстие диаметром 50 мкм; е) сверло для микрообработки

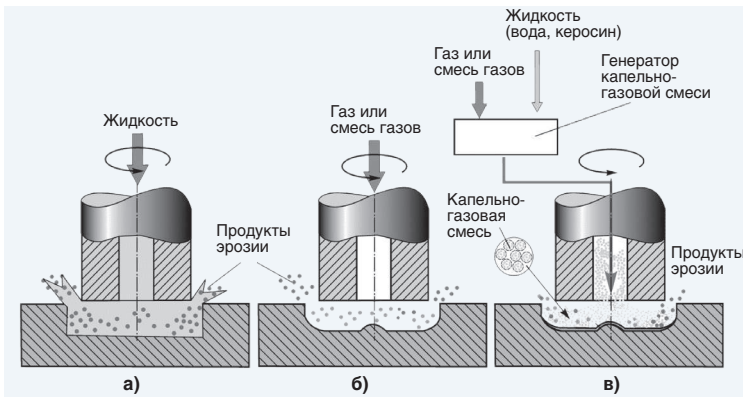


Рис. 6. Схемы ЭЭФ с применением жидкого (а), газового (б) и капельно-газового диэлектрика (в)

и стабильности протекания электроразрядных процессов [2, 3]. Кроме того, сухая электроэрозионная обработка обеспечивает большую частоту рабочих импульсов [2] и меньшее время деионизации среды. Этому способствует и то, что деионизированная вода имеет большее сопротивление пробоем (650 кВ/см), чем кислород (29 кВ/см) или аргон (6,5 кВ/см). Важно отметить, что лучшие условия удаления продуктов эрозии позволяют уменьшить относительный износ электрода-инструмента. При использовании трубчатого электрода (рис. 7) газовая среда может нагнетаться через ЭИ или всасываться через него.

При разработке операций сухого ЭЭФ требуется обеспечивать условия эффективного удаления газовым потоком продуктов эрозии (рис. 8).

Исследования сухого ЭЭФ [4] показывают увеличение производительности обработки более чем в 6 раз по сравнению с традиционным ЭЭФ. Кратно снижается и износ электрода-инструмента (рис. 9).

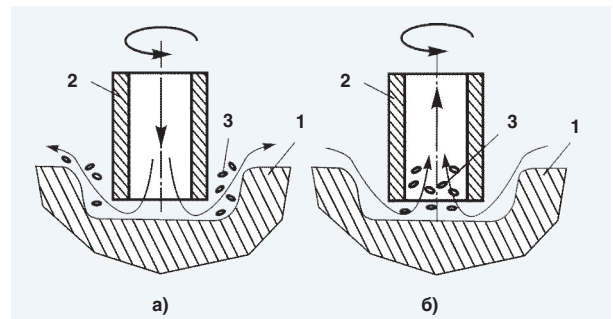


Рис. 7. Схемы ЭЭФ с нагнетанием (а) и всасыванием (б) газового потока: 1 — обрабатываемое изделие; 2 — электрод-инструмент; 3 — продукты разрушения

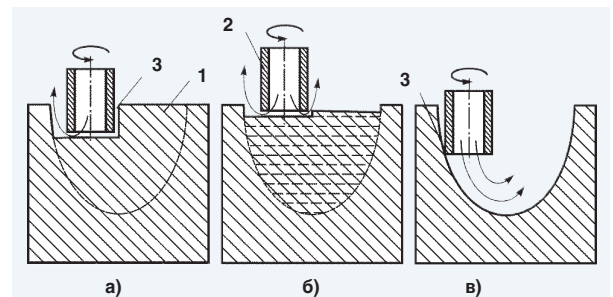
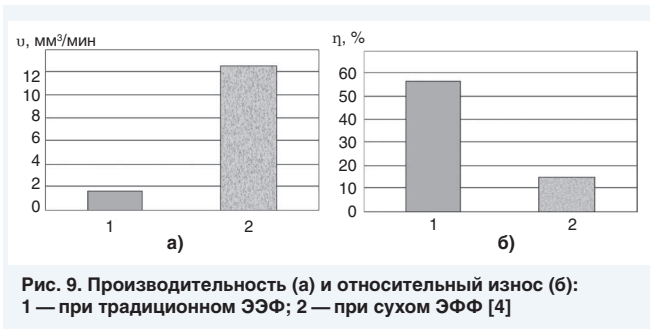


Рис. 8. Схемы ЭЭФ-выемки: 1 — обрабатываемое изделие; 2 — электрод-инструмент; 3 — зоны с малой скоростью газового потока

Важным параметром сухого ЭЭФ является скорость газового потока, зависящая от величины межэлектродного зазора геометрии зоны взаимодействия электродов и давления газового потока (рис. 10).

Таблица 1

Традиционное ЭЭФ	Сухое ЭЭФ	Полусухое ЭЭФ
В качестве диэлектрической среды используется жидкость (керосин, деионизированная вода и т.д.).	В качестве диэлектрической среды используется газ под давлением (воздух, гелий, азот, аргон или газовая смесь).	В качестве диэлектрической среды используется жидкостно-газовая смесь под давлением (вода – газ, керосин – газ и др.).
Разряды генерируются в жидкой среде.	Разряды генерируются в газовой среде.	Разряды генерируются в жидкостно-газовой среде.
Диэлектрическая жидкость обычно используется многократно в течение длительного времени. Диэлектрик охлаждают и очищают перед подачей в зону электроэрозионной обработки.	Диэлектрический газ не перерабатывается. Устройства для охлаждения и очистки не требуются. Требуется система подачи газа под повышенным давлением.	Диэлектрическая жидкостно-газовая смесь не перерабатывается. Устройства для охлаждения и очистки не требуются. Требуется система генерации жидкостно-газовой среды и система ее подачи под повышенным давлением.
Жидкий диэлектрик обычно обладает высокой теплоемкостью. Таким образом, он может быстро и эффективно охлаждать электрод-инструмент и обрабатываемую деталь.	Газообразный диэлектрик обладает низкой теплоемкостью. Охлаждающая способность очень низкая.	Жидкостно-газовый диэлектрик обладает средней теплоемкостью. Охлаждающая способность зависит от концентрации жидкости.
Стоимость диэлектрической среды сравнительно высока.	Диэлектрическая среда дешевле жидкостной.	Диэлектрическая среда дешевле жидкостной.
Жидкий диэлектрик связан с риском загрязнения окружающей среды, опасностью для здоровья оператора и возникновения возгорания (для углеводородов).	Снижается риск загрязнения окружающей среды и пожара, имеется опасность образования аэрозолей, требуется эффективная система вытяжки и фильтрации воздуха.	Снижается риск загрязнения окружающей среды и пожара, имеется опасность образования аэрозолей, требуется эффективная система вытяжки и фильтрации воздуха.
Жидкий диэлектрик может предотвращать попадание атмосферного кислорода в зону обработки и защитить обработанную поверхность от окисления.	Велика вероятность образования оксидного слоя на горячей обработанной поверхности.	Велика вероятность образования оксидного слоя на горячей обработанной поверхности.



Полусухое ЭФЗ имеет определенные преимущества по сравнению с сухим. Они проявляются в лучшей охлаждающей способности среды, вымывании «пригоревших» продуктов эрозии, механизме испарения дисперсных капель в зоне разряда [5, 6].

В работе [6] исследовалось полусухое ЭФЗ титанового сплава с использованием смеси деионизованной воды с воздухом. Выполнены оценка влияния режимов обработки (тока короткого замыкания, длительности импульса, длительности паузы и давления парогазовой смеси на производительность и износ электрода-инструмента) и сравнение полусухой обработки с обработкой в деионизованной воде. Показано, что взаимодействие разряда с жидкостно-газовой средой сопровождается дополнительным выделением и преобразованием энергии в результате реакции окисления и испарения капель в межэлектродном промежутке. Как показано на рис. 11, независимо от энергии импульсов производительность полусухого ЭФЗ более чем в пять раз выше, чем в деионизованной воде. Это обусловлено тем, что распыленная вода имеет лучшие условия испарения. При воздействии электрического разряда она переходит из жидкой фазы в газовую фазу, что приводит к изменению объема парогазовой среды между электродами который после полного испарения составляет:

$$V_n = \frac{1000 \times V_{ж} \times K}{M} = \frac{1000 \times V_{ж} \times 22,4}{18} = 1244,44 V_{ж},$$

где K (л/моль) — молярная масса газа, M (г/моль) — молярная масса воды, а $V_{ж}$ — объем воды в разрядном зазоре. Взрывной характер испарения капель воды при меньшей плотности среды в межэлектродном пространстве приводит к возникновению скоростных газовых потоков, вы-

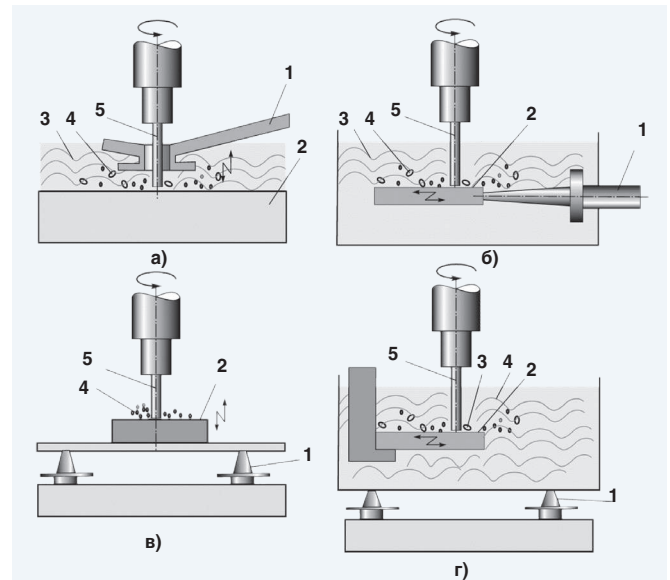


Рис. 12. Схемы электроэрозионного фрезерования с наложением ультразвука

брасывающих продукты эрозии. Тем самым он косвенно увеличивает эффективность разряда, способствует стабильному протеканию разрядного процесса и увеличению производительности обработки.

Использование других, помимо воздуха, газов (аргон, азот и др.) выполняется с целью защиты от окисления.

При полусухой обработке достигается меньшая шероховатость поверхности, чем при жидкостной и газовой при одинаковых прочих условиях. Предполагается, что жидкие частицы, диспергированные в газовой среде, воздействуют на электрические разряды аналогично порошковым добавкам. Кроме того, в конфигурации электроэрозионного фрезерования используется небольшой трубчатый электрод для сканирования большой рабочей зоны. В этом случае паразитная емкость, которая увеличивается с увеличением площади электрода-инструмента, не оказывает значительного влияния, как это бывает при традиционной электроэрозионной обработке габаритными электродами-инструментами.

Другим направлением в развитии ЭФЗ является электроэрозионное фрезерование с наложением ультразвука. Это гибридный процесс, который сочетает в себе физические явления ультразвуковой вибрации с электроэрози-

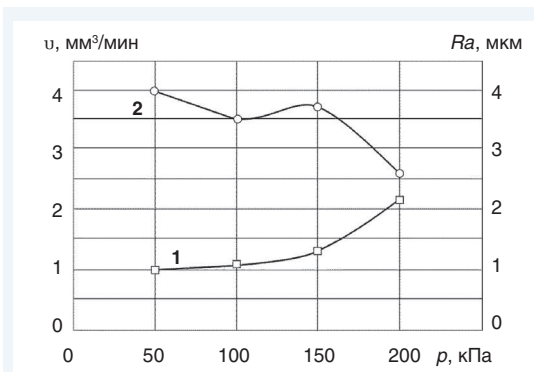


Рис. 10. Влияние давления газового потока на производительность ЭФЗ и шероховатость обработанных поверхностей при обработке отверстий инструментом Ø9,5 мм: 1 — производительность; 2 — шероховатость. $U = 60$ В, $I_k = 26$ А, $t_{on} = 600$ мкс, $n = 1300$ об/мин [4]

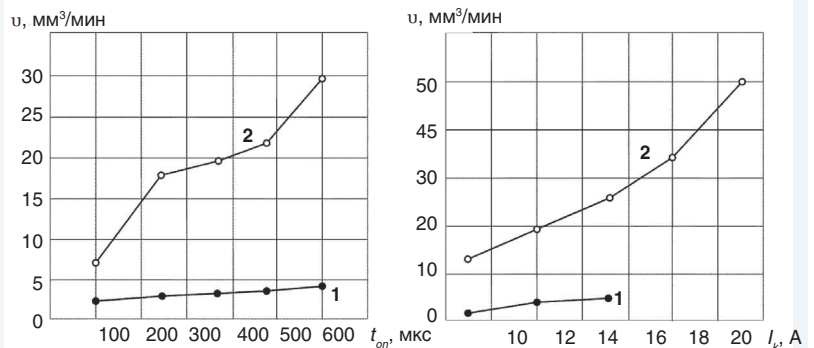
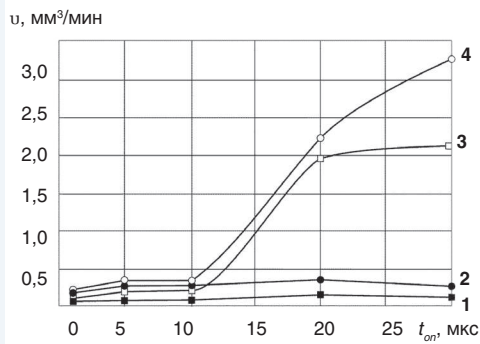
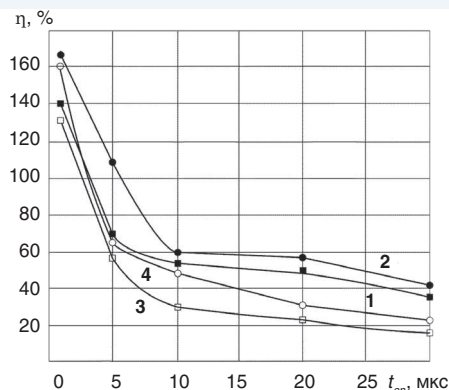


Рис. 11. Влияние длительности импульса и тока короткого замыкания на производительность ЭФЗ титанового сплава Ti6Al4V: 1 — в воде, 2 — в жидкостно-газовой смеси: $t_{off} = 140$ мкс; $t_{on} = 600$ мкс; $I_k = 15$ А; $p = 0,3$ МПа; $Q = 40$ мл/мин [6]



← Рис. 13. Влияние длительности импульса на производительность ЭЗФ: 1, 3 — без наложения ультразвуковых колебаний; 2, 4 — с наложением ультразвуковых колебаний. 1, 2 — $I_k = 11$ А; 3, 4 — $I_k = 18$ А [7]

Рис. 14. Влияние длительности импульса на относительный износ электрода-инструмента при ЭЗФ: 1, 3 — без наложения ультразвуковых колебаний; 2, 4 — с наложением ультразвуковых колебаний. 1, 2 — $I_k = 11$ А; 3, 4 — $I_k = 18$ А [7] →



онной обработкой, создавая дополнительные возможности для повышения стабильности и производительности ЭЗФ [7, 8].

Некоторые базовые схемы ЭЗФ с наложением ультразвуковых колебаний приведены на рис. 12. В схемах а) и г) — воздействие ультразвука в основном направлено на создание колебаний в диэлектрической среде, а в схемах б) и в) — на заготовку, причем в схеме б) колебания производятся перпендикулярно оси электрода инструмента, а в схеме в) — вдоль оси.

Анализ имеющихся публикаций позволяет сделать вывод, что наложение ультразвуковых колебаний увеличивает производительность обработки, шероховатость поверхности и относительный износ электрода-инструмента (рис. 13, 14, 15) [7]. Электроэрозионная обработка с помощью ультразвуковой вибрации особенно эффективна там, где промывка межэлектродного промежутка усложнена, например, при обработке глубоких отверстий [8], а также труднообрабатываемых материалов. Эффект достигается за счет увеличения подвижности рабочей среды и кавитационных процессов. Высокочастотная ультразвуковая обработка способствует увеличению доли рабочих импульсов, что обуславливает повышение производительности.

При использовании ультразвуковых колебаний достигаемый эффект в значительной мере зависит от синхронизации частоты вибраций и частоты электрических разрядов.

Одной из наиболее перспективных схем электроэрозионного фрезерования является ЭЗФ инструментом, по периферии которого протягивается проволока. Его главным достоинством является то, что минимизируется влияние износа ЭИ на точность обработки, а недостатком — ограниченная производительность.

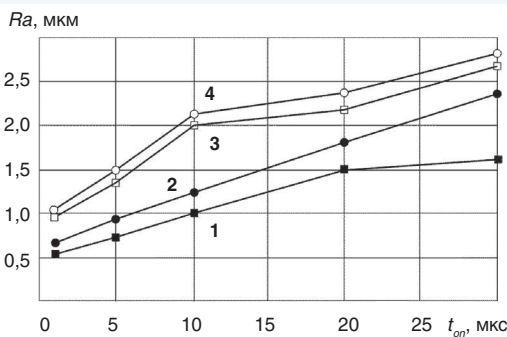


Рис. 15. Влияние длительности импульса на шероховатость поверхности при ЭЗФ: 1, 3 — без наложения ультразвуковых колебаний; 2, 4 — с наложением ультразвуковых колебаний. 1, 2 — $I_k = 11$ А; 3, 4 — $I_k = 18$ А [7]

На рис. 16 приведена схема обработки ЭИ, по периферии которого протягивается проволока. Конструктивно сложно обеспечить протягивание проволоки по вращающемуся инструменту, поэтому целесообразно использовать его возвратно-вращательное движение с реверсивным поворотом на 200...360° (рис. 16в).

Максимально допустимая скорость перемещения инструмента S (рис. 16а) определяется скоростью удаления материала:

$$S = \frac{v_M}{hd_s}$$

где v_M — объемная скорость удаления материала (производительность обработки); h — глубина удаляемого слоя; d_s — диаметр электрода-инструмента.

За один реверсивный поворот ЭИ удаляется слой материала, максимальная ширина которого S_0 зависит от скорости перемещения ЭИ и частоты n его возвратно-вращательного движения относительно оси.

$$S_0 = \frac{v}{2n}$$

При ЭЗФ со следящей системой, работающей в направлении оси инструмента с ограничением слежения «вниз»,

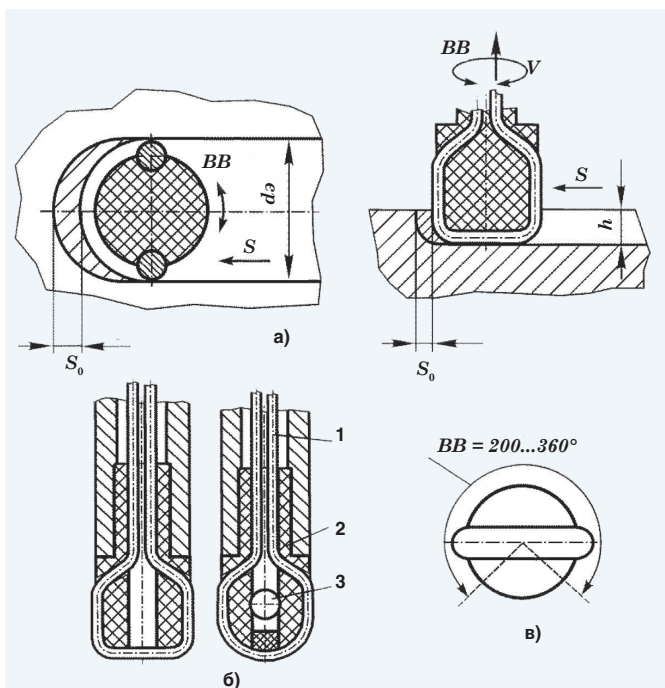


Рис. 16. Схема обработки инструментом, по периферии которого протягивается проволока

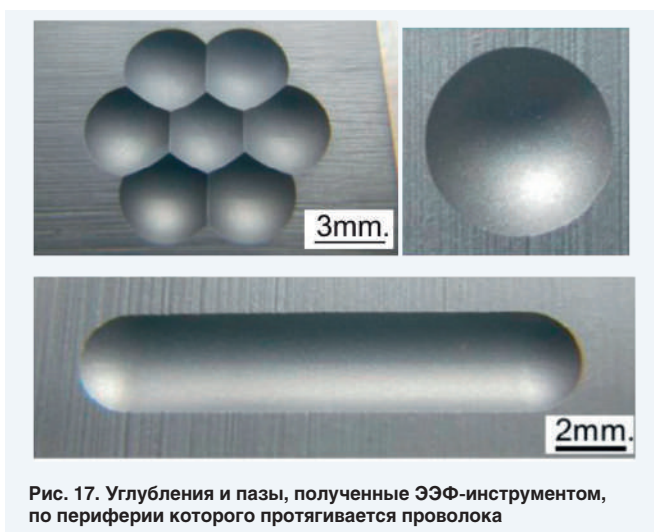


Рис. 17. Углубления и пазы, полученные ЭЭФ-инструментом, по периферии которого протягивается проволока

глубина обработки устанавливается автоматически. На рис. 166 приведены целесообразные формы инструментов.

Диаметр проволоки выбирается в зависимости от назначения обработки. С практической точки зрения представляют интерес инструменты сравнительно малого диаметра: 1...3 мм, в которых может быть использована стандартная проволока $\varnothing 0,3$ мм, широко используемая для электроэрозионной вырезки и электроды $\varnothing 3...12$ мм с протягиваемой проволокой $\varnothing 0,3...1$ мм.

В работе [9] эта схема применялась для получения полусферических углублений и радиусных пазов (рис. 17).

Другими инновациями в области электроэрозионного фрезерования являются сухая обработка с наложением вращающегося магнитного поля, создаваемого вращающимся магнитным диском, прикрепленным к держателю инструмента, позволяющая улучшить условия вывода продуктов разрушения и разрядного процесса, а также охлаждение заготовки или электрода инструмента криогенными средами.

Значительные успехи достигнуты в области электроэрозионного фрезерования электрической дугой (ЭДФ), являющейся разновидностью электродуговой обработки (ЭДО). ЭДО — тип электроэрозионной обработки, в котором для удаления материала заготовки и достижения заданных требований к точности размеров, формы и взаимного расположения, качества поверхностного слоя используется воздействие дуговых разрядов между электродом-инструментом и электродом-заготовкой [10, 11]. ЭДО является одним из наиболее перспективных и высокопроизводительных методов ЭЭО.

Базовая схема электродугового фрезерования приведена на рис. 18.

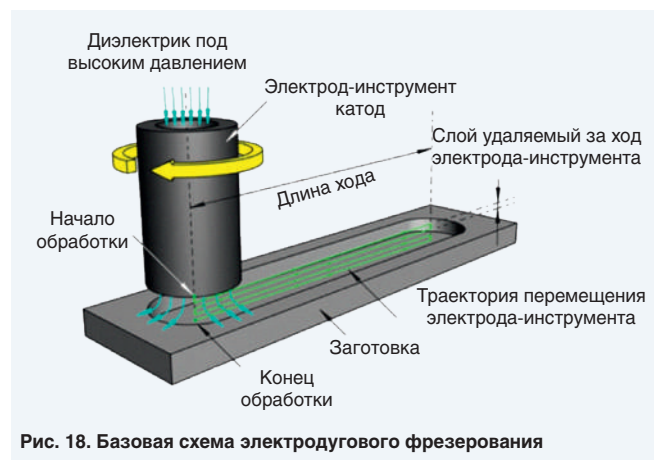


Рис. 18. Базовая схема электродугового фрезерования

ЭДО при большей производительности обеспечивает меньшие затраты электроэнергии (в 1,5...2 раза), чем традиционные методы электроэрозионной обработки. Как и при традиционной ЭЭО, электрод-инструмент не находится в прямом контакте с заготовкой и отсутствует межэлектродное силовое воздействие на заготовку. В межэлектродном зазоре формируется дуговая плазма с высокой плотностью энергии, позволяющая эффективно удалять материал заготовки.

При обработке дугowym разрядом для удаления материала используется стабильный или полустабильный стационарный высокоионизированный плазменно-дуговой столб, температура которого может достигать более 10000 К. Скорость удаления материала при ЭДФ может достигать 20000 мм³/мин. ЭДФ обладает уникальными преимуществами при обработке труднообрабатываемых материалов, имеющих высокие: прочность, вязкость, твердость и жаростойкость, таких как титановые сплавы, суперсплавы на основе никеля и кобальта, жаропрочные стали и сплавы тугоплавких металлов. ЭДФ имеет широкие перспективы применения для обработки деталей аэрокосмической техники (диски и лопатки рабочих колес, моноколеса и крыльчатки и др. (рис. 19, 20), в атомной отрасли, производстве другой высокотехнологичной продукции машиностроения и считается одной из наиболее высокоэффективных технологий размерной обработки. С развитием машиностроения растут требования по точности и жесткости деталей и узлов, качеству поверхностного слоя при одновременном сокращении производственного цикла, достигаемом увеличением производительности обработки и совмещением операций технологического процесса. Часто для обеспечения прочности и надежности необходимо использовать цельные массивные заготовки. Например, при изготов-



а) Рис. 19. Типичные детали из труднообрабатываемых материалов: а — моноколесо компрессора ГТД, б — крыльчатка насоса, в — шнек



Рис. 20. ЭДФ моноколеса

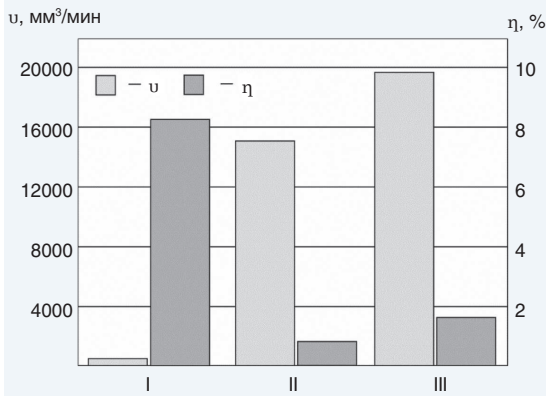


Рис. 21. Влияние источника питания на производительность v и относительный износ электрода-инструмента η при ЭДФ титанового сплава Ti6Al4V: I — импульсный источник; II — источник постоянного напряжения III — комбинированный источник питания

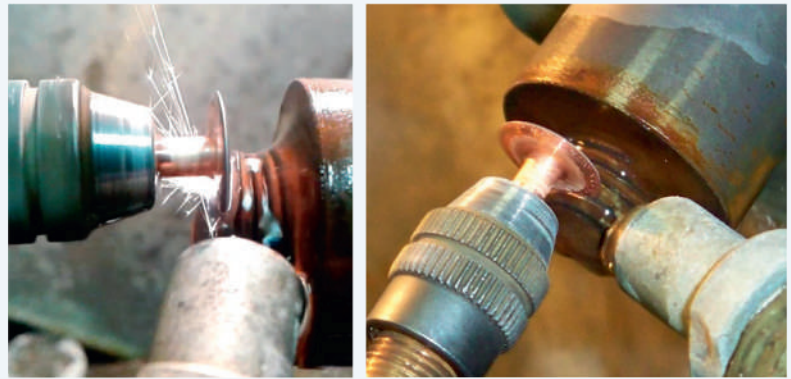


Рис. 24. Реализация технологического процесса изготовления инструмента для СТП методом ЭЭФ

лении моноколес и крыльчаток из жаростойких никелевых суперсплавов с заготовок приходится удалять до 80% объема материала.

ЭДФ используется при черновой обработке для удаления больших припусков с заготовок. Скорость съема материала при ЭДФ в сотни раз превышает этот показатель для традиционной электроэрозионной обработки и в разы больше, чем при механической обработке фрезерованием. Однако этот метод имеет недостатки, заключающиеся в низкой точности обработки и качестве обработанной поверхности. По этой причине существует острая необходимость в дальнейшем развитии технологии ЭДФ для удовлетворения потребностей в эффективной и высокоточной обработке труднообрабатываемых материалов.

Повышение точности и качества обработки ЭДФ при сохранении высокой производительности является ключевой научной проблемой, которую необходимо решить. Одним из направлений ее решения является использование импульсных источников с переменной энергией импульсов.

В работе [12] в качестве источников энергии дуги использовалось импульсное напряжение, напряжение постоянного тока и напряжение постоянного тока с наложением импульсов (гребенка). Эксперименты проводились с электродами-инструментами из графита. Обработывался титановый сплав Ti6Al4V. Была проанализирована форма

волны тока, определены скорость удаления материала и коэффициент относительного износа инструмента (рис. 21), изучены микроморфология поверхности и состояние поверхностного слоя. Экспериментальные результаты показали, что обработка дугой, питаемой постоянным напряжением с наложением импульсного гребенчатого напряжения, обеспечивает наибольшую производительность обработки $v = 19620$ мм³/мин при максимальном токе 1475 А, что в 35 раз выше, чем при питании импульсным напряжением. Кроме того, процесс обработки протекал более стабильно, однако качество обработанной поверхности при этом оказалось низким.

Компания GE (США) предложила метод фрезерования с дуговым разрядом, в котором для удаления материалов используется дуга, генерируемая разрядом между трубчатым электродом и заготовкой, и успешно применила его для обработки деталей аэрокосмической отрасли из суперсплавов. Было показано, что производительность ЭДФ по такой технологии выше, чем при традиционных методах механической обработки, в 3 раза.

Известен метод ЭДФ, основанный на комбинированном воздействии на дугу, в котором используются магнитное поле, электрическое поле и высокоскоростное вращение электрода-инструмента [13] (рис. 22).

В этом исследовании предлагается новый метод электроэрозионного фрезерования с использованием вращающихся коротких дуг. За счет комбинированного

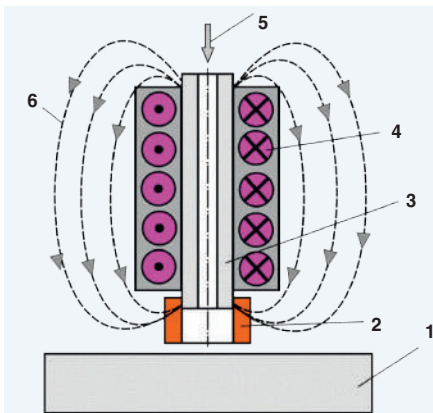


Рис. 22. Схема ЭДФ с наложением вращающегося магнитного поля: 1 — заготовка; 2 — медный электрод-инструмент; 3 — сердечник; 4 — катушки возбуждения; 5 — подача диэлектрика под давлением; 6 — линии магнитного поля

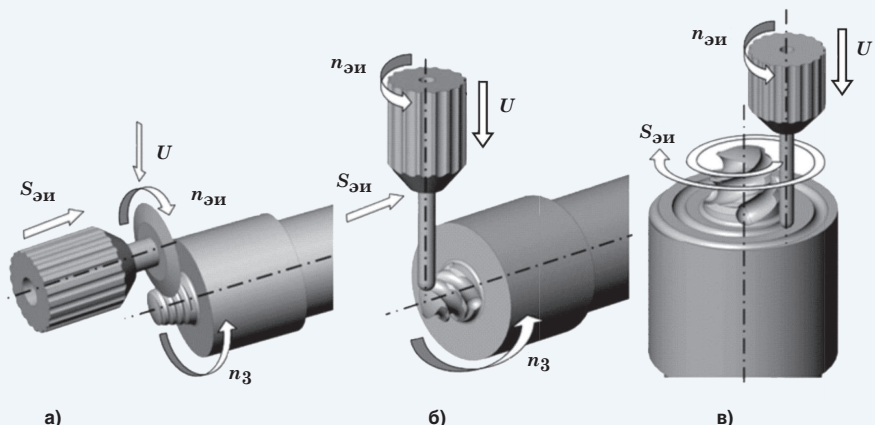


Рис. 23. Технологические схемы формообразования геометрии инструмента для сварки трением-перемешиванием: а) формирование малой винтовой канавки, б) формирование на пине винтовой канавки стержневым электродом; в) формирование винтовой канавки на бурте инструмента



Рис. 25. Сложнопрофильный инструмент для сварки трением-перемешиванием, полученный методом ЭЗФ для сварки материала толщиной 8 мм (а), 4 мм (б) и 2 мм (в)

действия силы Лоренца, силы электрического поля и высокоскоростного вращения электрода-инструмента между электродом-инструментом и обрабатываемой деталью образуются вращающиеся короткие дуги, которые, в свою очередь, обеспечивают постоянную эрозию материалов. По сравнению с традиционной схемой скорость удаления материала при вращающемся короткодуговом фрезеровании была увеличена на 46%, в то время как скорость износа электрода-инструмента снизилась на 62%. Увеличение напряженности магнитного поля влечет рост скорости удаления материала, снижает износ электрода-инструмента и шероховатость поверхности.

Одним из примеров применения технологий электроэрозионного фрезерования является изготовление сложнопрофильного инструмента для сварки трением-перемешиванием (СТП) из жаропрочных материалов и твердых



Рис. 26. Сложнопрофильный инструмент для сварки трением-перемешиванием, полученный методом ЭЗФ для сварки алюминиевых сплавов и меди материала толщиной 25...35 мм

сплавов, которое выполняется в МАИ. Рабочая часть заготовки инструмента имеет форму усеченного конуса. Для получения спиральных канавок на пине и торцевой поверхности бурта обработка производится стержневыми электродами-инструментами. Для обработки винтовой поверхности с малым шагом используются дисковые электроды. Схемы обработки приведены на рис. 23.

При необходимости производится правка профиля электрода-инструмента, восстанавливающая исходную геометрию (характерно для дискового электрода), его износа в процессе обработки. Обработка дисковым электродом малой спирали инструмента показана на рис. 24, а изготовленные инструменты — на рис. 25 и 26.

Рассмотренные методы и технологии электроэрозионного фрезерования отражают основные тенденции их развития. В направлении ЭЗФ в мире выполняется множество исследований. Их базовыми целями являются: разработка новых технологий микрообработки, устранение недостатков традиционных методов ЭЭО, связанных с использованием дорогостоящих сложнопрофильных электродов-инструментов, создание высокопроизводительных эффективных технологий изготовления деталей из труднообрабатываемых резанием материалов.

Литература

1. Bleys, P.; Kruth, J.-P.; Lauwers, B. Sensing and compensation of tool wear in milling EDM. *J. Mater. Process. Technol.* 2004. 149. 139–146.
2. Kunieda, M., and Yoshida, M., (1997). *Electrical Discharge Machining in Gas*. CIRP Ann, Vol. 46. Pp. 143–146.
3. Kunieda, M.; Miyoshi, Y.; Takaya, T.; Nakajima, N.; ZhanBo, Y.; Yoshida, M. High speed 3D milling by dry EDM. *CIRP Ann.* 2003. 52. 147–150.
4. Yu, Z.; Jun, T.; Masanori, K. Dry electrical discharge machining of cemented carbide. *J. Mater. Process. Technol.* 2004. 149. 353–357.
5. Fujiki, M.; Ni, J.; Shih, A. J. Investigation of the effects of electrode orientation and fluid flow rate in near-dry EDM milling. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 2009. 49. 749–758.
6. Linglei Kong, Weining Lei, Qun Wei, Jinjin Han, Zhang Suorong, Qilin Li, Xiangzhi Wang & Zhidong Liu. Experimental investigations into the performance of die sinking mixed gas atomization discharge ablation process on titanium alloy // *Nature, Scientific reports.* 2022. 12:2399. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06457-4>.
7. Abdullah, A.; Shabgard, M. R. Effect of ultrasonic vibration of tool on electrical discharge machining of cemented tungsten carbide (WC-Co). *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2008. 38. 1137–1147.
8. Maity, K.P.; Choubey, M. A review on vibration-assisted EDM, micro-EDM and WEDM. *Surf. Rev. Lett.* 2019, 26, 1830008.
9. H. Gotoh, T. Tani, M. Okada, A. Goto, T. Masuzawa, N. Mohri. Wire electrical Discharge milling using guide with reciprocating rotation. *The Seventeenth CIRP Conference on Electro Physical and Chemical Machining (ISEM)*. *Procedia CIRP.* 6, 2013. 199–202.
10. В. И. Носуленко. Размерная обработка металлов электрической дугой / *Электронная обработка материалов.* 2005. № 1. С. 8–17.
11. Саушкин Б. П. Инновационные процессы в области физико-химических методов и технологий. *Материалы круглого стола: «Знания — главный ресурс инновационного развития».* Международный форум «Высокие технологии-2009». 2009. С. 87–90.
12. Zongjie Zhou, Jianping Zhou, Kai Liu, Yan Xu, Guoyu Hu, Lizhong Wang. Experimental study on short electric arc machining of Ti6Al4V in terms of power output characteristics // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.* Vol. 113. 2021/ 997–1008.
13. Zhang J, Han F Z. Rotating short arc EDM milling method under composite energy field // *Journal of Manufacturing Processes.* 2021. 64: 805–815.
14. Shaaz Abulais. Current Research trends in Electric Discharge Machining(EDM):Review *International Journal of Scientific & Engineering Research.* Volume 5. Issue 6. 2014. June. 100-118. ISSN 2229-5518.

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

В статье рассмотрены лазерные технологии, которые уже сегодня применяются для реализации процессов обработки материалов давлением. Созданные на их основе технологические процессы направлены на выполнение формообразующей и разделительной операций, а также термообработку поверхностного слоя с целью повышения его износостойкости и, наконец, на текстурирование поверхности с целью снижения трения на контактной поверхности «материал заготовки — инструмент».



М.А. Петров,
ФГАОУ ВО «Московский
политехнический
университет», факультет
машиностроения,
кафедра «Обработка
материалов давлением
и аддитивные технологии»

Классификация процессов и применимость лазерных технологий в ОМД

Процессы обработки листовых материалов давлением разделяют на две большие группы: формообразующие (вытяжка, гибка, отбортовка, закатка и другие) и разделительные (вырубка, пробивка и обрезка). Для реализации процессов деформирования необходимо наличие формообразующего инструмента и оборудования, обеспечивающих нужную величину силы деформирования. Эта технологическая сторона вопроса является в последнее время ключевой при выборе производственной технологии, так как стоимость инструмента и оборудования непрерывно растёт. Переход на новые, более экономичные технологии частично компенсирует затраты, но внедрение новых

технологий требует большой исследовательской работы и отработки режимов. С появлением лазерных технологий осуществляется непрерывный поиск их применения на производстве, в том числе и в области обработки материалов давлением (ОМД). Изучение и анализ данного вопроса на ранних стадиях его широкого производственного освоения в разных отраслях показывает, что подобные технологии находят весьма конкурентное применение в случае получения микроизделий и при поверхностном упрочнении изделий со сложным контуром.

В классификацию процессов лазерных технологий для обработки материалов давлением можно включить три типа обработки: импульсный, непрерывный и текстурирующий (рис. 1). Каждый тип подразумевает работу лазера на определённом режиме, с определёнными границами по плотности потока энергии (плотности мощности) и времени воздействия лазерного луча. Обработка по импульсному типу позволяет выполнять формообразующие и разделительные операции ОМД, а также повысить показатели усталостной прочности формообразующего инструмента [1, 2, 3]. Известны случаи применения ЛШУ (лазерное шок-волновое упрочнение) для упрочнения поверхности валков станов холодной прокатки труб (сокр. стан для ХПТ или пилигримовый стан) [1].

Непрерывной лазерной обработкой возможно осуществлять термоупрочнение поверхности, что необходимо для повышения стойкости и усталостной прочности деталей и формообразующих инструментов [4]. Этот вид обработки получил наибольшее распространение для термообработки формообразующего инструмента и повышения его износостойкости [4, 5, 6, 7].

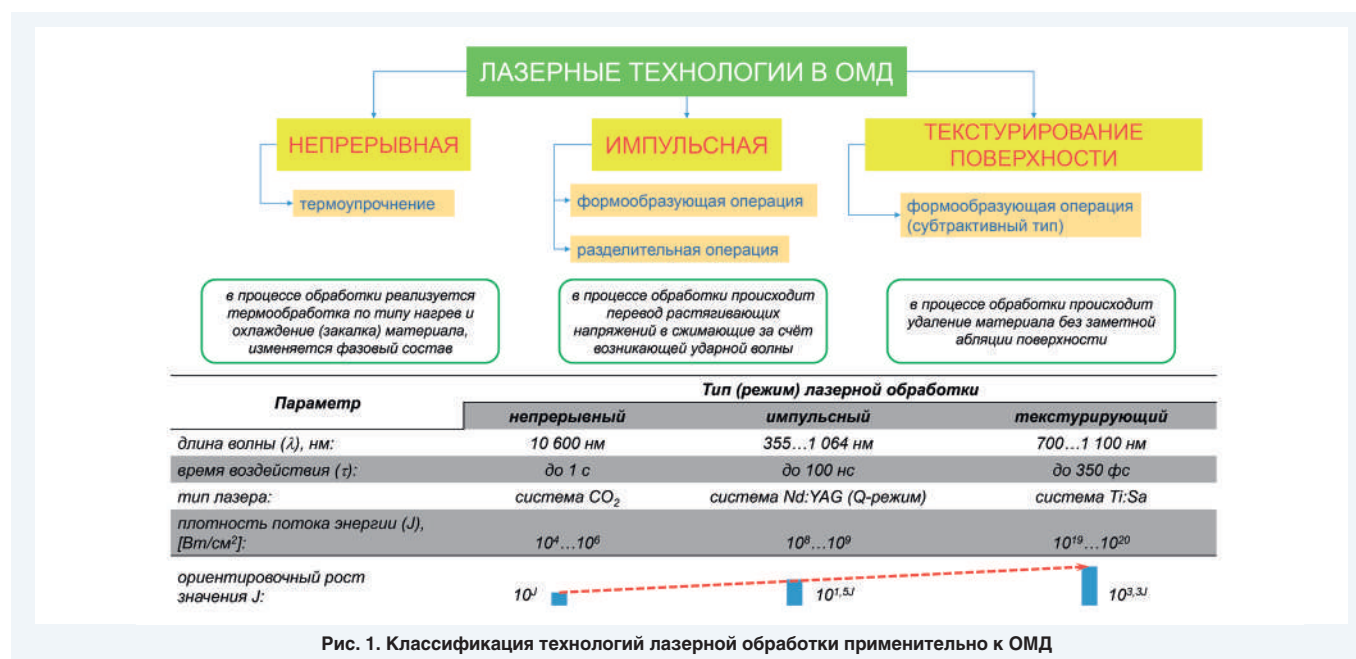


Рис. 1. Классификация технологий лазерной обработки применительно к ОМД

Текстурирование поверхности относится к ультравысокоэнергетическим процессам, так как время работы лазера сокращается с наносекунд до фемтосекунд. Этот тип обработки подходит для абляционных процессов, т. е. процессов удаления материала с поверхности (для создания высокоточных формообразующих инструментов с пониженным коэффициентом трения на контактной поверхности) [8]. Подобным видом обработки могут быть структурированы инструменты для выполнения операций резания (субтрактивный процесс формообразования) с целью снижения трения при точении. Обработка резанием с точки зрения механики твёрдого тела представляет собой предельный случай критерия разрушения материала при обработке давлением. Сам процесс текстурирования может быть отнесён к субтрактивному процессу формообразования, однако вместо режущей пластины материал выбирается лазерным лучом.

Изучаемые в настоящий момент времени лазерные технологии для ОМД тесно связаны с импульсным типом обработки, ЛШУ, также называемым лазерной ударной обработкой (ЛУО) или лазерным наклёпом (ЛН). В **таблице 1** собраны названия импульсной группы процессов на оригинальном, английском, языке, а также предложен их перевод. Также имеется специальный вид непрерывной обработки, при которой определённым образом генерируются траектории нагрева (треки), вызывая тем самым термические напряжения и направленное коробление листового материала. Подобным образом возможно проводить деформацию листовых заготовок больших габаритных размеров для получения деталей с большой кривизной поверхности [9].

Одним из важнейших показателей, определяющих возможность реализации процесса, является плотность потока энергии, или плотность мощности ($J, \text{Вт/см}^2$). В общем случае существуют диаграммы и рекомендации по выбору значения J , в соответствии с которыми для нагрева выполняется условие $J \leq 10^5 \text{ Вт/см}^2$, для сварки и резки листовых материалов — $J \leq 10^6 \text{ Вт/см}^2$, а для размерной обработки объёмных материалов — $J \geq 10^6 \text{ Вт/см}^2$. Точный порог величины J устанавливается в зависимости от конкретных требуемых технологических показателей обрабатываемого изделия (повышенная усталостная прочность, поверхностная твёрдость, снижение коэффициента трения трущихся поверхностей и т. д.) и обрабатываемого материала [17, 18].

Таблица 1. Процессы лазерного формообразования, основанные на принципе ЛШУ

Оригинальное название	Перевод	Источник
laser shock incremental forming (LSIF)	лазерная шоковая инкрементальная штамповка	[10]
3D laser forming	трёхмерное (3D) лазерное формообразование	[11]
laser dynamic forming (LDF)	лазерное динамическое формообразование	[12]
microscale laser shock peening (μLSP)	микроуровневое ЛШУ	[13]
laser shock microforming ($\text{LS}\mu\text{F}$)	лазерная шоковая микроформовка	[14]
laser shock bending	лазерная шоковая гибка	[15]
microscale laser dynamic forming (μLDF)	микроуровневое лазерное динамическое формообразование	[16]

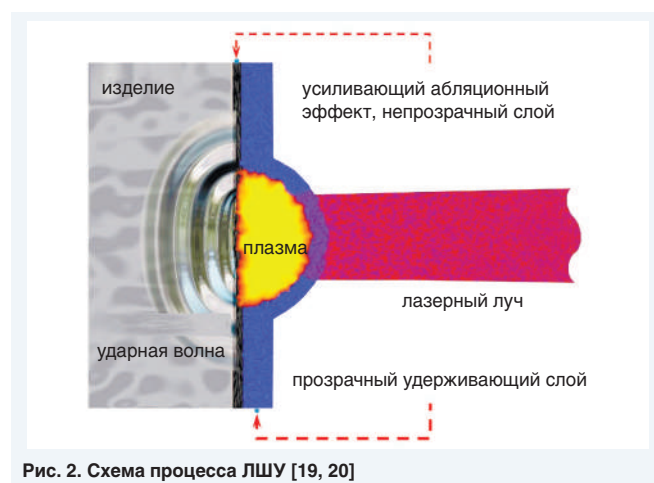


Рис. 2. Схема процесса ЛШУ [19, 20]

Лазерное шоковое упрочнение

Лазерное шоковое формообразование, или сокр. ЛШФ, представляет собой частный случай ЛШУ и заключается в следующем. На поверхность основы или готового изделия/полуфабриката наносят плёнку, образующую непрозрачный слой. Наружная поверхность этого слоя непрерывно смачивается водой, образуя прозрачный слой (**рис. 2**). Лазерный луч большой мощности в течение короткого периода времени (**таблица 2**) разогревает место контакта.

Скорость разогрева и достигаемые температуры при разогреве непрозрачного слоя настолько высоки, что образуется плазма, направление извлечения которой наружу от обрабатываемой поверхности затруднено, так как энергия затрачивается на испарение воды, и предпочтительно вовнутрь поверхности изделия. Можно сказать, что непрозрачный слой играет роль усилителя абляционного эффекта, т. е. эффекта, при котором происходит удаление материала с поверхности изделия. Конечно, при этом удаления основного материала изделия/подложки стараются избегать, подбирая режимы работы лазера.

Процесс ЛШУ можно отнести к группе струйных процессов упрочнения поверхности, таких как пескоструйная и дробеструйная обработка. Одним из наиболее важных преимуществ процесса является существенное повышение стойкости обработанных таким образом поверхностей к усталостному разрушению [21, 22]. Также процесс легко поддается автоматизации и применим для обработки поверхностей со сложными контурами. Фактически, когда говорят об ЛШУ, речь идёт о технологии поверхностного упрочнения или поверхностной пластической деформации (ППД), вызывающей появление остаточных сжимающих напряжений. Так как растягивающие напряжения являются бо-

Таблица 2. Основные показатели лазера для реализации ЛШУ

Параметр	Значение
Работа лазера, Дж	10...100
Время импульса, нс	до 100
Длина волны, нм	1 064
Частота следования импульса, Гц	5...50
Модовый состав	одномодовый
Тип модуляции	внешняя или внутренняя



Рис. 3. Примеры биполярных пластин топливной ячейки [31, 32, 33]

лее опасными из-за более низкого предела выносливости многих материалов при растяжении, чем при сжатии, то ППД создаёт условия для повышения усталостной прочности.

В начале 40-х годов XX века появляется технология поверхностного упрочнения при помощи дробеструйной обработки (ДО). Величина наклёпа в случае дробеструйной обработки определяется по известным уравнениям [23, 24]. Величина же наклёпа при ЛШУ зависит от многих параметров, в частности, мощности лазера, времени его работы, свойств усиливающего абляционный эффект слоя, а также прозрачной среды, удерживающей плазму на поверхности, последовательности создания лазером микровзрывов на поверхности и т. д. После образования плазмы давление начинает расти в ограниченном объёме. Так как прозрачная вода представляет собой эквивалент упругой стенки, образующей замкнутую полость и обычно применяемой вместо кварцевого покрытия, задерживающей плазму, то возникающая ударная волна уходит в глубь твёрдого материала. Ударная адиабата (адиабата Гюгонно) определяет состояние в материале по обе стороны от фронта ударной волны в зависимости от давления, температуры и скорости её перемещения, собственно, определяет шоковое состояние материала. Если в упрочняющемся материале достигнута точка динамического предела упругости (Hugoniot Elastic Limit или HEL), то материал деформируется пластически [25, 26], то есть процесс от ЛШУ переходит к ЛШФ.

Так как получаемый уровень интенсивности пластической деформации по объёму невысок, то заметная пластическая деформация остаётся на листовых материалах. Выбор подходящей толщины материала в этом случае зависит от марки материала, мощности лазерного луча и времени его воздействия на материал.

Примеры применения лазерных технологий в ОМД

ЛШФ позволяет получать полуфабрикаты для таких конечных изделий, как биполярная пластина топливного элемента с протонообменной мембраной (рис. 3) [27, 28]. Исходным листовым материалом служит фольга (75...100 мкм), на которую за счёт последовательного создания серии микровзрывов оказывается непрерывное воздействие. С другой стороны фольги располагается матрица, по форме которой и происходит формообразование листового материала. Подобные биполярные пластины до момента глубокого исследования ЛШФ изготавливались при помощи традиционной однопереходной технологии штам-

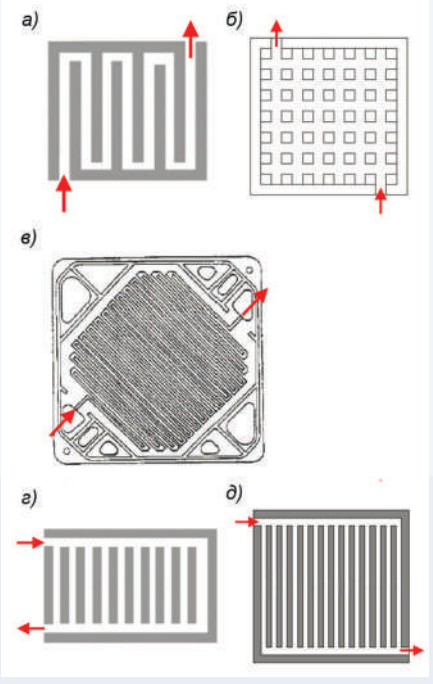


Рис. 4. Наиболее распространённые топологии биполярных пластин [27, 28]: а) интегрированного типа; б) точечного типа; в) змеевидного типа; г) и д) линейного типа.

повки и технологии штамповки из ленты или прогрессивной штамповки [27], технологии штамповки из преформы [29] и технологии штамповки с переменной силой воздействия на заготовку [30]. Биполярные пластины делятся на два типа: с покрытием и без покрытия. В свою очередь, пластины без покрытия могут быть изготовлены из нержавеющей сталей (аустенитного и ферритного типов), титановых и никелевых сплавов. А пластины с покрытием могут быть выполнены в дополнение к уже названным материалам и из алюминиевых сплавов. В настоящее время в качестве основной технологии изготовления биполярных пластин рассматривают технологию ЛШФ, так как она не требует предварительного изготовления формообразующего инструмента [27]. На рис. 4 и рис. 5 представлены различные топологии биполярных пластин и геометрия каналов соответственно.

В работе [27] рассматривается формовка одного канала. Варьируемая величина плотности потока энергии (J) оказывает влияние на величину микротвёрдости, получаемую при проведении замеров в поперечном сечении канала (рис. 6а), и на величину угла при вершине (α) (рис. 6б). С ростом величины J увеличивается микротвёр-

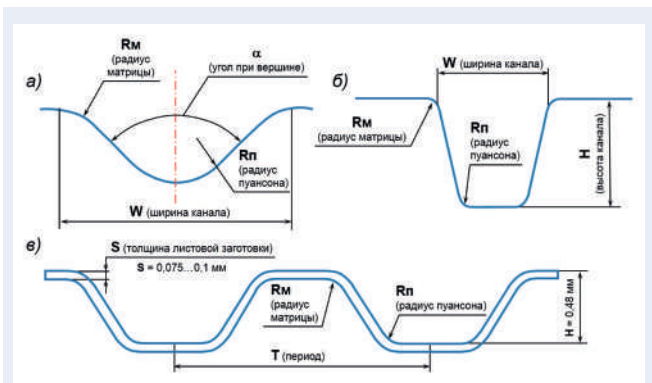
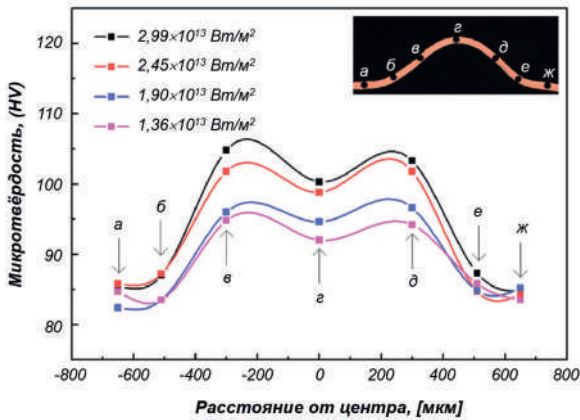
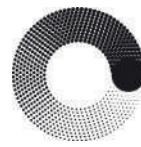
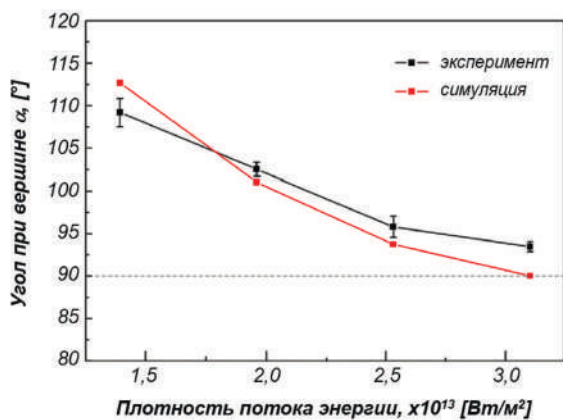


Рис. 5. Формы каналов в поперечном сечении биполярных пластин [27, 8]: а) треугольная со скруглённой вершиной; б) и в) трапециевидная.



а) изменение микротвёрдости по ширине канавки, полученное по семи точкам, на основании замеров микротвёрдости в поперечном сечении деформируемого листового материала



б) изменение угла при вершине треугольной канавки от мощности лазерного луча для экспериментального и моделируемого случаев

Рис. 6. Графики изменения технологических параметров [27]

дость, т.е. в большей степени проявляется упрочнение материала, и величина α листовой детали приближается к эталонной величине, определённой жёстким инструментом (матрицей).

На рис. 7 представлено сравнение каналов, полученных на разных значениях плотности потока энергии. Отчётливо видно изменение угла при вершине, недоштамповка и пружинение стенок (полок) для вариантов а, б и в, что является нежелательным, так как в дальнейшем приведёт к снижению КПД биполярной пластины и всей топливной ячейки.

В работе [34] рассматривается применение технологии ЛУО для выполнения совмещённой операции формовки (ЛШФ) и обрезки (ЛШО) через упругую мембрану (рис. 8).

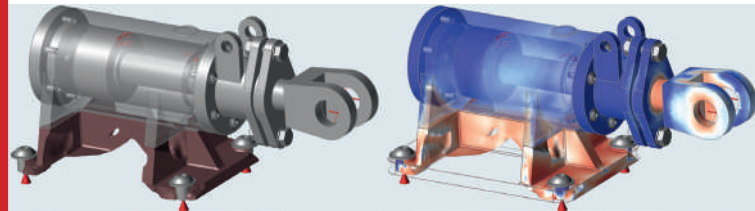
В работе [10] рассмотрена разделительная операция пробивки (ЛШП) отверстия. При этом получаемое отверстие имеет некоторое отклонение от круглости. Вычисляя разницу между получаемым максимальным и минимальным радиусами, проведёнными из одного центра, можно упорядочить полученные результаты (рис. 9).

Выполненная для разных толщин (S) листового материала ЛШП показывает, что самый тонкий материал имеет наибольшее отклонение от круглости отверстия.

Кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» Московского политехнического университета специализируется на компьютерном проектировании технологии и создании её цифрового двойника (digital twin). Задача специализации — получение наилучшего совпадения результатов моделирования с результатами натуральных экспериментов. В своей работе сотрудниками кафедры применяется современное программное обеспечение, такое как «Т-Флекс», Inventor, QForm, AutoForm, Pam-Stamp, Altair HyperWorks, solidThinking Inspire, MatLab, Abaqus, Comsol и другое.

ОСНОВНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ ЯВЛЯЮТСЯ:

- исследование технологических свойств материалов для аддитивных технологий и выбор термомеханических режимов 3D-печати;
- разработка технологий и оборудования для аддитивного производства;
- обратный инжиниринг и топологическая оптимизация для решения задач обработки давлением и аддитивного производства;
- листовая и объёмная штамповка, прокатка — разработка, исследование, внедрение технологий на опытное или серийное производство;
- разработка, исследование, внедрение технологий изготовления метизных и крепежных изделий;



- специальные процессы штамповки: изотермическая штамповка и штамповка с кручением чёрных и цветных сплавов;
- повышение стойкости штамповой оснастки и кузнечно-штамповочное оборудование;
- разработка моделей материалов для компьютерного моделирования технологий обработки давлением.

КАФЕДРОЙ ВЕДЁТСЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ:

- «Машины и технологии обработки материалов давлением» (очное, бакалавриат, 15.03.01 Машиностроение);
- «Аддитивные технологии» (очное, бакалавриат, 27.03.05 Инноватика);
- «Цифровые технологии аддитивного производства и обработки давлением» (очное, магистратура, 15.04.01 Машиностроение).



Контактная информация:
115280, г. Москва,
ул. Автозаводская, д. 16
Тел.: +7/495/ 223-05-23, доб. 2344,
e-mail: omd.at@mospolytech.ru



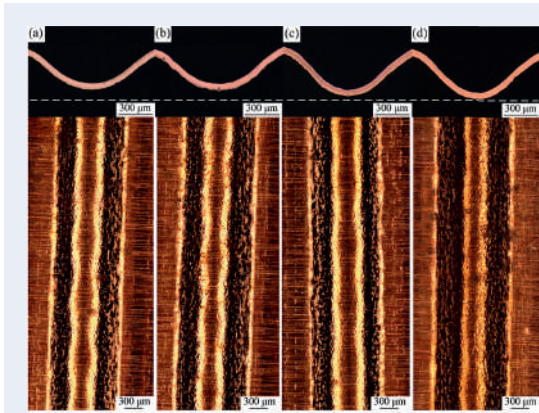


Рис. 7. Изменение геометрического результата формообразования канавки от плотности потока энергии лазерного луча [27]: а) $1,36 \times 10^9$ Вт/см²; б) $1,90 \times 10^9$ Вт/см²; в) $2,45 \times 10^9$ Вт/см²; г) $2,99 \times 10^9$ Вт/см²

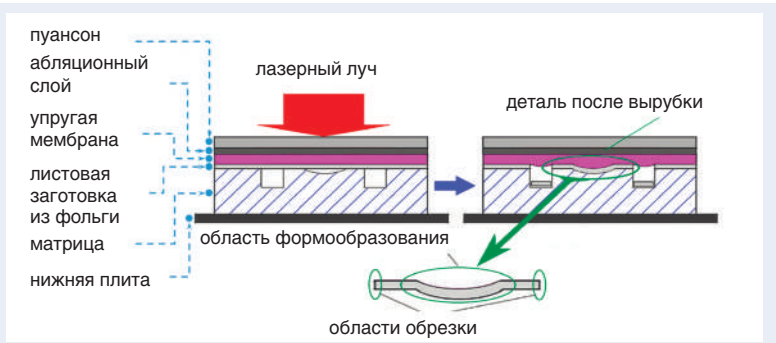


Рис. 8. Инструмент для выполнения совмещённой операции ЛШВ и ЛШО [34]

При этом величину этого отклонения возможно уменьшить за счёт уменьшения плотности потока энергии. Поэтому можно предположить, что при превышении некоторого порогового значения плотности потока энергии, достаточного для проведения операции ЛШП, возникает избыточное удаление материала и увеличение диаметра отверстия тонколистового материала из-за растущего влияния абляционного режима обработки.

Процесс неглубокой вытяжки (ЛШВ) также возможно осуществить как без промежуточной мембраны [35], так и при наличии упругой, резиновой или полиуретановой мембраны. Из общей практики деформирования листовых материалов упругой средой известно, что мембрана благотворно влияет на качество заполнения гравюры инструмента. Так, в работе [36] изучается одновременное формообразование четырёх каналов при помощи резиновой мембраны для разных значений N , определяющих отношение постоянной толщины фольги ($S = 50$ мкм) к размеру зерна. Установлено, что в местах перехода от стеночной к донной части канала микротвёрдость увеличивается для средних значений N . Также наблюдалась общая тенденция роста микротвёрдости с увеличением размера канала (рис. 10).

Обработка по принципу ЛШУ может применяться как к одной стороне, так и с двух сторон, в зависимости от толщины упрочняемого изделия. Для объёмных изделий,

например, формообразующий инструмент, а также для формируемых листовых заготовок применяют односторонний вариант ЛШУ. Для тонких изделий, например, лопатка газотурбинного двигателя (ГТД), применяют двустороннюю схему обработки кромки.

Выводы

Лазерные технологии преобразуют классические технологии обработки материалов давлением, приоткрывая новые возможности, например, в области микрообработки и текстурирования. Они позволяют повысить как срок службы (ресурс) конечного изделия, так и износостойкость инструмента для формообразующей и разделительной операций. На сегодняшний день они применяются для формообразования и разделения листового материала, термообработки и направленного текстурирования поверхности инструмента, применяемого в ОМД.

Каждый из рассмотренных типов обработки: импульсный, непрерывный и текстурирующий — требует специализированного оборудования, отличающегося друг от друга не только типом лазерной системы, но и наличием/отсутствием собственных технологических особенностей.

Применение лазерных технологий в ОМД позволяет снизить производственные затраты, сделать процесс гибким и хорошо автоматизированным, но, одновременно с этим требуются и высокие затраты на выполнение кропотливых прикладных исследований и апробацию технологий, так как процент внедрения подобных технологий на реальных производствах невелик.

Литература

1. Lavender C.A., Hong S.-T., Smith M. T., Johnson R. T., Lahrman D, The effect of laser shock peening on the life and failure mode of a cold pilger die, Journal of Materials Processing Technology, 2008, Vol. 204(1–3), pp. 486–491. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2008.02.002
2. Zhang W., Yao Y. L., Noyan I. C., Microscale Laser Shock Peening of Thin Films, Part 1: Experiment, Modeling and Simulation, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2004, Vol. 126(1), 10. DOI: 10.1115/1.1645878
3. Новиков И.А., Ножницкий Ю. А., Шибаев С. А., Мировой опыт в исследовании и применении технологического процесса лазерной ударной обработки металлов (обзор), Авиационные двигатели, 2022, № 12(15), стр. 59–82.
4. Чичинёв Н.А., Иванов С. А., Горбатюк С. М., Веремеевич А. Н., Лазерное упрочнение технологического инструмента обработки металлов давлением, 2013, М.: Изд. Дом «МИСиС», с. 166.
5. Валки прокатных станов, Тематический сборник научных трудов, под ред. проф. В. П. Полушина, М.: Металлургия, 1989, с. 200.
6. Лисовский А.Л., Плетенев И. В., Лазерное упрочнение штампового инструмента, Вестник Белорусско-Российского Университета, 2008, № 3(20), стр. 90–99.

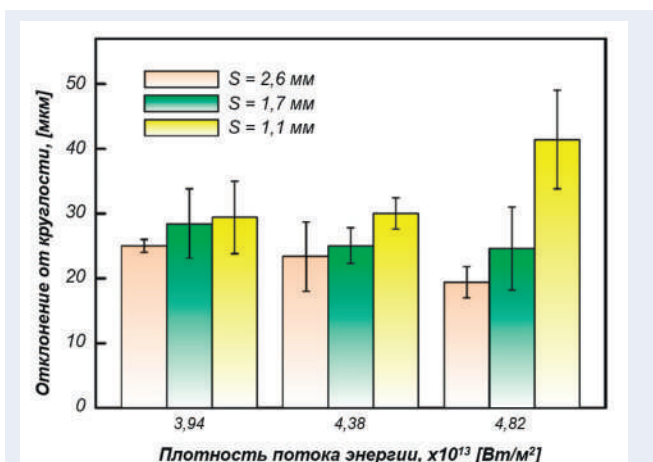


Рис. 9. Диаграмма изменения отклонения от круглости отверстий для трёх значений толщин листовой заготовки и трёх значений мощности лазера [10]

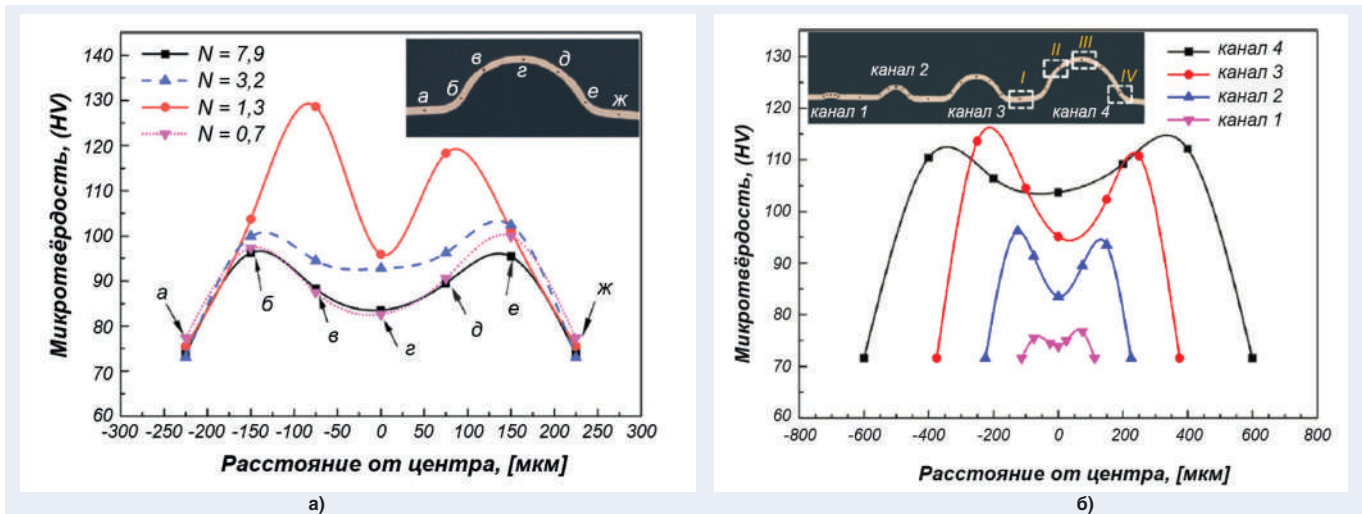


Рис. 10. Графики изменения микротвёрдости в сечении каналов после их формообразования [36]: для канала максимального размера (канал 4); б) для всех четырёх каналов (I — прямолинейная область, II — переходная область от стенки к донной части канала, III — дно канала, IV — радиус).

7. Гоцеридзе Р.М., Процессы формообразования и инструменты, учебник для студ. учреждений СПО, 7-е изд., перераб. и доп., М.: Издательский центр «Академия», 2016, с. 432.
8. Kawasegi N., Sugimori H., Morimoto H., Morita N., Hori I., Development of cutting tools with microscale and nanoscale textures to improve frictional behavior, *Precision Engineering*, 2009, Vol. 33(3), pp. 248-254. DOI: 10.1016/j.precisioneng.2008.07.005.
9. Edwardson P., Watkins K. G., Dearden G., Magee J., 3-D Laser Forming of Saddle Shapes, *Proc 3rd International Conference on Laser Assisted Net Shaping (LANE 2001) Erlangen*, 28–31 August, Meisenbach-Verlag Bamberg, 2001 pp. 559–568.
10. Zheng C., Zhang X., Zhang Y., Ji Z., Luan Y., Song L., Effects of laser power density and initial grain size in laser shock punching of pure copper foil, *Optics and Lasers in Engineering*, 2018, Vol. 105, pp. 35-42. DOI: 10.1016/j.optlaseng.2017.12.009.
11. Gao H., Sheikholeslami G., Dearden G., Edwardson S. P., Reverse Analysis of Scan Strategies for Controlled 3D Laser Forming of Sheet Metal, *Procedia Engineering*, 2017, Vol. 183, pp. 369-374. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.054.
12. Li J., Cheng G. J. Multiple-pulse laser dynamic forming of metallic thin films for microscale three dimensional shapes, *Journal of Applied Physics*, 2010, Vol. 108(1), 013107. DOI: 10.1063/1.3457869.
13. Chen H., Kysar J. W., Yao Y. L., Characterization of Plastic Deformation Induced by Microscale Laser Shock Peening, *Journal of Applied Mechanics*, 2004, Vol. 71(5), 713. DOI: 10.1115/1.1782914.
14. Ocaña J.L., Morales M., Porro J. A., García-Ballesteros J.J., Correa C., Laser Shock Microforming of Thin Metal Sheets with ns Lasers, *Physics Procedia*, 2011, Vol. 12, pp. 201–206. DOI: 10.1016/j.phpro.2011.03.123.
15. Pence C., Ding H., Shen N., Ding H., Experimental analysis of sheet metal micro-bending using a nanosecond-pulsed laser, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2013, Vol. 69(1-4), pp. 319-327. DOI: 10.1007/s00170-013-5032-8.
16. Wang X., Ma Y., Shen Z., Gu Y., Zhang D., Qiu T., Liu H., Size effects on formability in microscale laser dynamic forming of copper foil, *Journal of Materials Processing Technology*, 2015, Vol. 220, pp. 173-183. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2015.01.020.
17. Коваленко В.С., Головки Л. Ф., Меркулов Г. В., Стрижак А. И., Упрочнение деталей лучом лазера, Киев: Техника, 1981, с. 131.
18. Рыкалин Н.Н., Углов А. А., Зуев И. В., Кокора А. Н., Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов, М.: Машиностроение, 1985, с. 496.
19. <https://www.lspstechnologies.com/>
20. <https://www.industrialheating.com/articles/93857-laser-peeningmetal-enhancement-critical-for-component-lifetime>
21. Hackel L., Rankin J., Racanelia T., Mills T., Campbell J. H., Laser Peening to Improve Fatigue Strength and Lifetime of Critical Components1, *Procedia Engineering*, 2015, Vol. 133, pp. 545-555. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.12.677.
22. Ren X., Chen B., Jiao J., Yang Y., Zhou W., Tong Z., Fatigue behavior of double-sided laser shock peened Ti-6Al-4V thin blade subjected to foreign object damage, *Optics & Laser Technology*, 2020, Vol. 121, 105784. DOI: 10.1016/j.optlastec.2019.105784.
23. Елизаветин М.А., Упрочнение поверхности деталей машин, М.: Трудрезервиздат, 1956, с. 83.
24. Саверин М.М., Дробеструйный наклёп. Теоретические основы и практика применения, М.: Машгиз, 1955, с. 312.
25. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М., Теоретическая физика. Гидродинамика, т. 4 М.: Наука, 1988, с. 736.
26. Канель Г.И., Ударные волны в твердых телах, пособие к курсу лекций, кафедра «Газовой и волновой динамики», МГУ, 2017, с. 145.
27. Zheng C., Pan C., Tian Z., Zhao X., Zhao G., Ji Z., Song L., Laser shock induced incremental forming of pure copper foil and its deformation behavior, *Optics and Laser Technology*, Vol. 121, 2020, 105785, DOI: 10.1016/j.optlastec.2019.105785.
28. Добровольский Ю.А., Укше А. Б., Левченко А. В., Архангельский И. В., Ионов С. Г., Авдеев В. В., Алдошин С. М. Материалы для биполярных пластин топливных элементов на основе протонпроводящих мембран, *Российский химический журнал*, 2006, № 6, стр. 83–94.
29. Bong H. J., Lee J., Kim J.-H., Barlat F., Lee M.-G., Two-stage forming approach for manufacturing ferritic stainless steel bipolar plates in PEM fuel cell: Experiments and numerical simulations, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017, Vol. 42(10), pp. 6965-6977. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.12.094.
30. Kim M.-J., Jin C.-K., Kang C. G., Comparison of formabilities of stainless steel 316L bipolar plates using static and dynamic load stamping, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2014, Vol. 75(5-8), pp. 651–657. DOI: 10.1007/s00170-014-5986-1.
31. <https://www.switzerfmfg.com/bipolar-plates/>
32. <https://lentatek.com/en/solutions/hydrogen-and-fuel-celltechnologies/proton-exchange-membrane-fuel-cell-pemfc-bipolarplate-bpp> (дата обращения: 02.05.2023)
33. <https://h2-international.com/2018/09/03/bipolar-plates-thebackbone-of-fuel-cell-stacks/>
34. Wang X., Zhang D., Gu C., Shen Z., Ma Y., Gu Y., Liu H., Micro scale laser shock forming of pure copper and titanium sheet with forming/blanking compound die, *Optics and Lasers in Engineering*, 2015, Vol. 67, pp. 83-93. DOI: 10.1016/j.optlaseng.2014.09.019.
35. Zheng C., Sun S., Ji Z., Wang W., Liu, J., Numerical simulation and experimentation of micro scale laser bulge forming, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2010, Vol. 50(12), pp. 1048-1056. DOI: 10.1016/j.ijmactools.2010.08.012.
36. Wang X., Ma Y., Shen Z., Gu Y., Zhang D., Qiu T., Liu, H., Size effects on formability in microscale laser dynamic forming of copper foil, *Journal of Materials Processing Technology*, 2015, Vol. 220, pp. 173–183. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2015.01.020.



ЛИТМАШ



МЕТАЛЛУРГИЯ

**06-08 ИЮНЯ
МОСКВА
РОССИЯ**

2023

Место проведения:



12+

ЛИТМАШ

Международная выставка литейных технологий,
материалов и продукции

МЕТАЛЛУРГИЯ

Международная выставка металлургических технологий,
процессов и металлопродукции

Специальная экспозиция

ТРУБЫ РОССИЯ 2023

www.metallurgy-russia.ru
www.litmash-russia.ru

Металл-Экспо
Тел.: +7 (495) 734-99-66





0+

Металлообработка. Сварка – Урал

12–15 марта 2024
Екатеринбург

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

крупнейший
специализированный
региональный проект в России



(342) 264-64-27
egorova@expoperm.ru
metal-ekb.expoperm.ru



weldex

22-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА СВАРОЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЙ

11–13 | МОСКВА
ОКТАБРЯ 2023 | КРОКУС ЭКСПО

ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
WELDEX.RU

FASTENEX

ОДНОВРЕМЕННО И НА ОДНОЙ
ПЛОЩАДКЕ С МЕЖДУНАРОДНОЙ
ВЫСТАВКОЙ КРЕПЕЖА,
ФИТИНГОВ И ИНСТРУМЕНТА

+7 499 750 08 28
WELDEX@ITE.GROUP



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER



Официальная поддержка

Генеральный информационный партнер

ОРГАНИЗАТОР

ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ФОРУМ «АРМИЯ-2023»**

**14–20 АВГУСТА
ПАТРИОТ ЭКСПО**

www.rusarmyexpo.ru

В С Е Г Д А Н А В Ы С О Т Е

Наш телеграм-канал



МАКС 2023

www.aviasalon.com

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИЙ
САЛОН**



25-30 ИЮЛЯ • ЖУКОВСКИЙ • МОСКВА • РОССИЯ

23–26.10.2023

ТЕХНОФОРУМ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



www.technoforum-expo.ru

«Оборудование
и технологии
обработки
конструкционных
материалов»

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Реклама



12+

ЭКСПОЦЕНТР

При поддержке:



07-10 НОЯБРЯ 2023

МОСКВА, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Место проведения:



Генеральный
информационный партнер:



Оборудование и технологии
для металлургии
и металлообработки
МеталлургМаш'2023



Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2023



Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГМК
МеталлТрансЛогистик'2023

**29-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ
ВЫСТАВКА**

МЕТАЛЛ ЭКСПО 2023



Организатор:

12+

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

www.metal-expo.ru

ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ на 2023 год



РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на журнал «РИТМ машиностроения» с любого месяца. Стоимость одного номера — 500 рублей, стоимость годовой подписки (7 номеров) — 3500 рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: ritm@gardemash.com

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

ООО «ПРОМЕДИА»
Юр. адрес: 107140, г. Москва,
ул. Верхняя Красносельская,
д. 17А, стр. 1Б
Почт. адрес: 107140, г. Москва,
ул. Верхняя Красносельская,
д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1
ИНН 7708266787
КПП 770801001
Р/с 40702810400120033781
ПАО АКБ « АВАНГАРД»
г. Москва
К/с 30101810000000000201
БИК 044525201

Фамилия, имя, отчество (получателя):

Наименование предприятия (организации, фирмы):

Индекс и полный почтовый адрес (получателя):

Юридический адрес (для выставления счета)

ИНН/КПП

Телефон:

E-mail (если он имеется)

Подписка на журнал «РИТМ машиностроения»:

номер

год

Подписка на журнал «Аддитивные технологии»:

номер

год



Вы можете оформить подписку на журнал «Аддитивные технологии» с любого месяца. Стоимость одного номера — 500 рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — 2000 рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: info@additiv-tech.ru



107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1, т/ф (499) 55-9999-8,

e-mail: ritm@gardemash.com, www.ritm-magazine.ru

e-mail: info@additiv-tech.ru, www.additiv-tech.ru



UNIMACH

Современные станки для российской промышленности

- Лазерные раскройные комплексы для листового металла
- Модули лазерной резки труб
- Фильтро-вентиляционные установки
- Оборудование лазерной сварки
- Системы автоматизации



ООО «НПК Морсвязьавтоматика»

192174 Россия, Санкт-Петербург, ул. Кибальчича, д. 26, лит. Е
Тел.: +7 (812) 622-02-08, факс: +7 (812) 362-76-36,
sales@unimach.ru, www.unimach.ru



UNIMACH



МЫ УЧАСТВУЕМ В ВЫСТАВКЕ
«МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2023»
22-26 МАЯ, «ЭКСПОЦЕНТР»
НОМЕР СТЕНДА FE010



Станки лазерной резки листов и профилей YUEMING HAN'S LASER с источниками



3 ГОДА ГАРАНТИИ

1-40 КВТ

Листогибочные прессы ENERGY MISSION – лидер в области тяжелой гибки

НАДЁЖНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
С САМЫМИ СОВРЕМЕННЫМИ ОПЦИЯМИ
И ТЕХНОЛОГИЯМИ

5 ЛЕТ ГАРАНТИИ



ООО «Интеллектуальные Робот Системы»
105264, г. Москва, ул.10-я Парковая, д. 20



+7 (495) 414 47 27
+7 (800) 777 02 01
sale@irobs.ru
www.irobs.ru