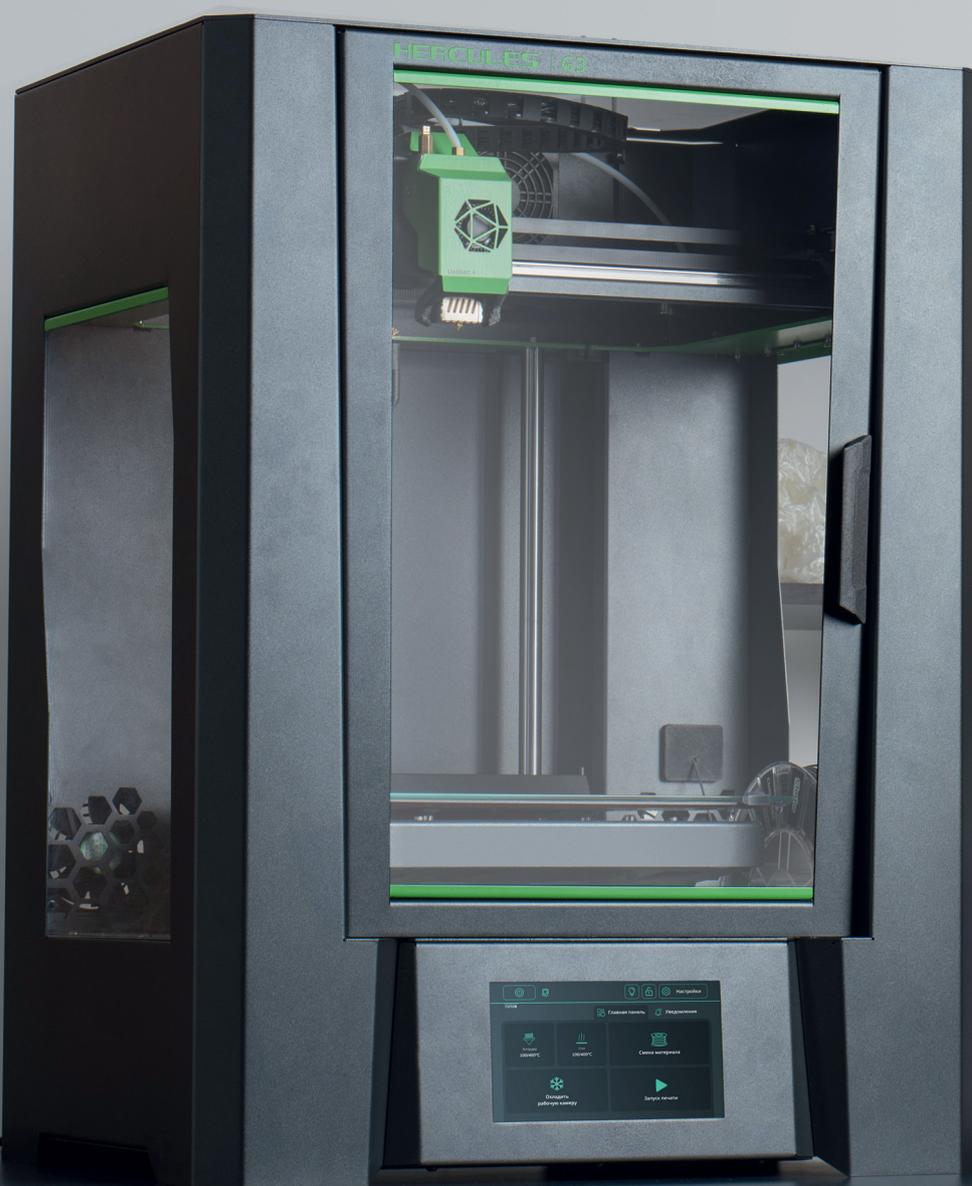


РИТМ

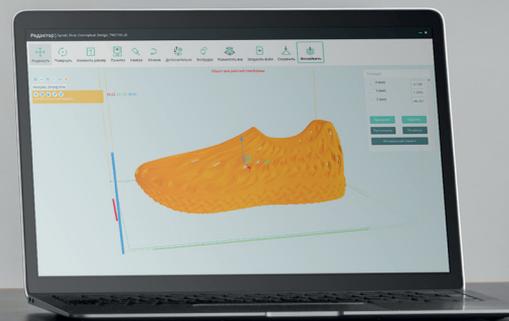
МАШИНОСТРОЕНИЯ

'4
2022

HERCULES | G3 — надежный станок
для машиностроительной отрасли



Индивидуальные,
большие детали
можно изготавливать
быстро.





ARTA eCut 600

Ультрапрецизионный 5-ти осевой электроэрозионный
проволочно-вырезной станок

Приглашаем на выставку

МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2022

Стенд № 21D40
2 павильон, 1 зал

Научно-Промышленная Корпорация "Дельта-Тест" приглашает Вас посетить свой стенд на выставке "МЕТАЛЛООБРАБОТКА – 2022", которая пройдет в Москве с 23 по 27 мая в ЦВК "Экспоцентр".

В рамках ключевого российского станкостроительного форума мы представим сразу две новые разработки предприятия.

Главной новинкой 2022 года выступает **ультрапрецизионный 5-осевой электроэрозионный проволочно-вырезной станок ARTA eCut 600**.

Комплекс отличается возможностью обработки крупногабаритных деталей (перемещения по осям $X \times Y = 400 \times 600$ мм), наличием системы автозаправки проволоки-электрода, применением линейных двигателей в качестве исполнительных механизмов основных осей и передовой системой управления на базе архитектуры ArtaSkynet.

Также в экспозиции вы сможете ознакомиться с **электроэрозионным станком ARTA eDrill 10**, предназначенным для изготовления отверстий и 3d микроэрозионного фрезерования.

Презентация комплекса российской разработки и производства произошла в первом квартале 2022 года в Екатеринбурге. Сегодня серийные образцы уже поставляются нашим заказчикам.

ARTA eDrill 10 воплощает передовые технические решения специалистов ООО «НПК «Дельта-Тест», среди которых инновационная **система ЧПУ ARTA-a.10**, прямоточный транзисторный генератор с цифровым адаптивным управлением, интегрированная технология 3d микроэрозионного фрезерования.

Кроме этого, на стенде будет представлен уже успевший себя зарекомендовать **проволочно-вырезной комплекс ARTA 454 C с управляемой 6-ой поворотной осью**.

Будем рады видеть Вас у себя в гостях!



+7 (495) 995 09 68
arta@edm.ru

www.edm.ru



Волгашлиф Плюс

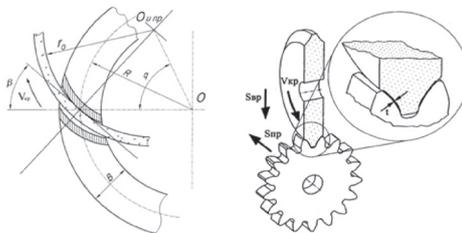
ПРОИЗВОДСТВО И ПРОДАЖА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА НА КЕРАМИЧЕСКИХ СВЯЗКАХ ДЛЯ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ



- ✓ большая номенклатура по типоразмерам и характеристикам;
- ✓ более 150 предприятий — заказчиков в России и Республике Беларусь;
- ✓ адресное выполнение заказов под конкретную операцию обработки;
- ✓ короткие сроки изготовления (до 1 месяца);
- ✓ минимальная партия заказа (при необходимости от 1 шт.);

Эксклюзивная продукция: **ВЫСОКОСТРУКТУРНЫЕ КРУГИ** на керамических связках с **ПОВЫШЕННОЙ ПОРИСТОСТЬЮ** — *инструмент нового поколения для высокопроизводительного бездефектного шлифования, в том числе:*

- для **профильного глубинного шлифования** деталей газотурбинных двигателей



- для **шлифования цилиндрических и конических зубчатых колес и шлицевых соединений**

- для **шлифования фасонного режущего инструмента** (фрез, долбяков, накатных роликов, протяжек)
- для **резьбошлифования** и других проблемных операций с риском формирования прижогов, трещин и сколов на обрабатываемых деталях



Успешный многолетний опыт **ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ** инструмента фирм Tyrolit, Winterthur, Norton, Burka-Kosmos, Carborundum, Molemab и др. для оснащения всех применяемых в России и Республике Беларусь отечественных и зарубежных шлифовальных станков, включая многофункциональное и специализированное оборудование фирм Magerle, Elb-Schliff, Blohm, Gleason-Pfauter, Klingelnberg-Oerlikon, «Станковендт» и др.

СОДЕРЖАНИЕ

12

Станкоинструментальная отрасль: текущая ситуация /
Machine tool industry: current situation

18

Уникальный. Инновационный. Российский / Unique. Innovative. Russian

20

Ньюинжиниринг – путь обретения истинной силы для машиностроения России /
Newengineering as the way to gain true power for Russian mechanical engineering

23

Линейка оборудования Valiant производства компании Ficer: новая автоматическая линия с ЧПУ для сверления профилей – элементов металлоконструкций /
Ficer Valiant equipment line: new CNC automatic line for drilling profiles – elements of metal structures

24

Обработка сотовых материалов / Honeycomb processing

24

Системная цифровизация для современного производства /
System digital transformation for modern production

25

Высокотехнологичные станки совместного производства /
High-tech co-production machines

25

PUMORI для станков с ЧПУ / PUMORI for CNC machines

26

Виртуальный шоурум Starrag в Вуаденсе / Starrag Virtual Showroom in Vuadens

30

Электроэрозионный проволочно-вырезной станок Metal Master DK77 DRO /
Wire cut EDM machine Metal Master DK77 DRO

32

Где публиковать научные статьи? / Where to publish scientific articles?

38

Алмазоподобные углеродные покрытия DLC. Варианты и применение /
Diamond-like carbon DLC coatings. Variants and application

44

Шестерни: как они это делают / Gears: how they do it

56

Гибридная лазерно-дуговая сварка низколегированных сталей волоконными лазерами /
Hybrid laser-arc welding of low-alloy steels by fiber lasers

59

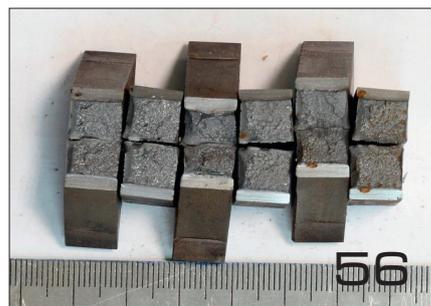
Автоматизированная кислородно-флюсовая резка горячих слябов /
Automated oxygen-flux cutting of hot slabs

66

Сухая электроэрозионная обработка / Dry EDM

74

Расшифровка обозначений элементов в маркировке сталей и цветных сплавов /
Decoding the designations of elements in the marking of steels and non-ferrous alloys



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: 101000, Москва, Милютинский пер., 18А, оф. 36с, пом. 1

т/ф (499) 55-9999-8 (многоканальный)

e-mail: ritm@gardesmash.com, <https://www.ritm-magazine.ru>

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

Распространяется бесплатно 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



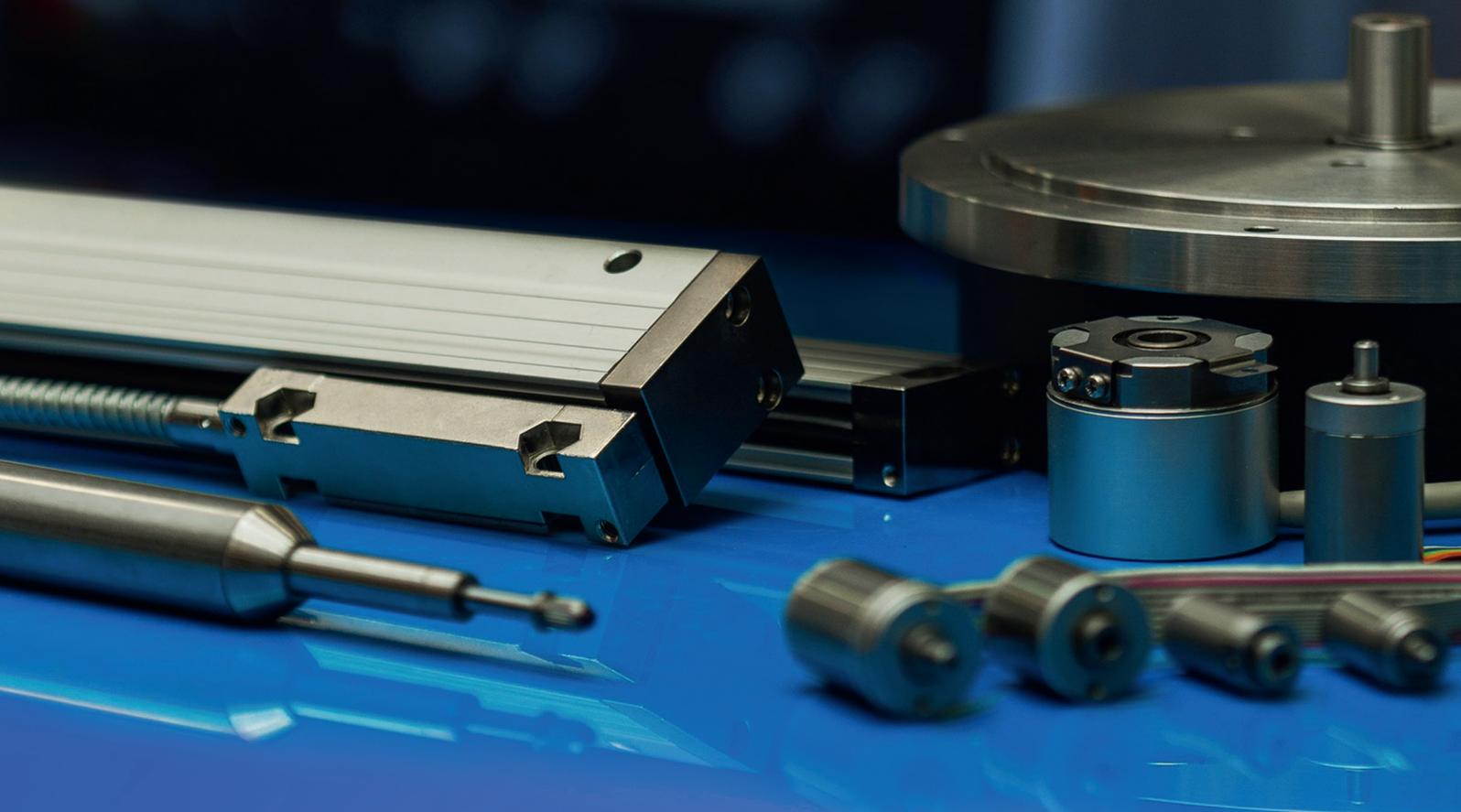
СДЕЛАНО В РОССИИ

Преобразователи линейных перемещений

Преобразователи угловых перемещений

Устройства индикации

Системы управления



www.skbis.ru

+7(812)334-17-72

lir@skbis.ru

НОВЫЕ МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ

Правительство РФ вводит все новые и новые меры поддержки промышленного производства.

Постановление от 29 марта 2022 года № 505

Правительство утвердило постановление о повышенном авансировании госконтрактов в 2022 году.

Компании, участвующие в госзакупках, смогут получать в 2022 году в качестве аванса до 90% от цены контракта. Правило распространяется на госконтракты, финансируемые из федерального бюджета. Регионам рекомендовано применять аналогичные положения для контрактов, финансируемых из их бюджетов. Ранее размер аванса по госконтрактам в основном ограничивался планкой в 30% от цены, зафиксированной в договоре. Постановление также уточняет условия применения казначейского сопровождения при уплате авансовых платежей по госконтрактам. По новым правилам, выплаты авансовых платежей в размере от 50 до 90% будут проводиться с казначейским сопровождением, а авансовые платежи до 50% будут от него освобождены, то есть деньги будут сразу поступать на банковские счета организаций.

Распоряжение от 1 апреля 2022 года № 714-р

В 2022 году из резервного фонда правительства на меры поддержки IT-отрасли будет направлено 21,5 млрд рублей. Часть средств пойдёт на субсидирование процентной ставки по кредитам для компаний, работающих в сфере цифровых технологий, — она не должна превышать 3%. Это позволит обеспечить льготы для реализации как минимум 75 проектов по цифровой трансформации. Кроме того, будут увеличены максимальные размеры грантов, предоставляемых на реализацию проектов. Всего на эти цели будет выделено 14 млрд рублей. Ещё одно направление поддержки — льготная ипотека для сотрудников компаний. Для них процентная ставка по кредитам, взятым в 2020–2022 годах, будет снижена до 5% годовых. Выделенные на эти цели 1,5 млрд рублей помогут улучшить жилищные условия 10 тысяч граждан.

Распоряжение подготовлено для реализации указа президента «О мерах по обеспечению ускоренного развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации».

Распоряжение от 1 апреля 2022 года № 711-р

На предоставление льготных займов промышленным предприятиям, которые занимаются разработкой перспективных технологий и производством продукции, способной заменить зарубежные аналоги, будет дополнительно направлено 20 млрд рублей. «Такая мера поможет реализовать не менее 50 проектов в этой сфере по широкому спектру отраслей. Главное — чтобы бизнес не останавливал производственные процессы и, конечно, сохранил рабочие места», — отметил Михаил Мишустин на заседании правительства 31 марта. Средства, выделенные из резервного фонда правительства, будут направлены Фонду развития промышленности, который затем предоставит предприятиям льготные займы.

Постановление от 31 марта 2022 года № 522

Председатель правительства Михаил Мишустин подписал постановление, увеличивающее долю государственного финансирования в грантах на создание отечественных комплектующих для различных отраслей промышленности.

Если раньше для получения гранта от АНО «Агентство

по технологическому развитию» разработчик должен был привлечь не менее 20% собственных средств под реализацию конкретного проекта, то теперь это условие снимается. Государство в лице агентства готово выделить до 100% финансирования на создание российских аналогов комплектующих. При этом в документе оговаривается, что такой порядок будет действовать только в 2022 году.

Подписанным документом внесены изменения в постановление правительства от 18 февраля 2022 года № 208.

Постановление от 6 апреля 2022 года № 601

Правительство расширило грантовую поддержку отечественных IT-компаний.

Постановлениями внесены изменения в правила предоставления субсидий российским фондам, которые выдают гранты IT-компаниям на разработки в сфере информационных технологий. Теперь такие компании могут рассчитывать на гранты, покрывающие 80% стоимости проектов. Ранее показатель не превышал 50%. Подписанными документами внесены изменения в постановления правительства от 3 мая 2019 года № 550, № 554 и № 555.

Постановление от 8 апреля 2022 года № 619

Федеральный центр поддержит создание передовых инженерных школ на базе ведущих вузов страны, которые будут развивать новый тип инженерной подготовки и обеспечат проведение прорывных исследований и разработок.

Рассчитывать на такую поддержку смогут университеты, которые пройдут конкурсный отбор. Его проведёт Минобрнауки. Гранты будут выделяться на создание передовых инженерных школ, организацию стажировок и практик студентов с наставниками из госкорпораций и высокотехнологичных компаний, а также на переподготовку преподавателей. Максимальный размер гранта составит 1 млрд рублей. Как отметил Михаил Мишустин на оперативном совещании с вице-премьерами 11 апреля 2022 года, всего на эти цели в 2022–2024 годах в рамках государственной программы «Научно-технологическое развитие» предусмотрено свыше 36,6 млрд рублей. Финансирование позволит создать 30 передовых инженерных школ при университетах.

Распоряжение от 11 апреля 2022 года № 830-р

Правительство продолжит финансировать региональные программы развития промышленности. В 2022 году на эти цели будет направлено свыше 3,7 млрд рублей.

Средства распределяют между 54 регионами, определёнными по итогам конкурсного отбора программ развития промышленности. Субсидии пойдут на инвестиционные проекты по модернизации промышленных предприятий. Речь, в частности, идёт о возмещении части затрат на приобретение нового оборудования, компенсациях по лизинговым платежам, оплате услуг ресурсоснабжающих организаций по подключению к коммунальной инфраструктуре.

Согласно правилам предоставления таких субсидий, в рамках каждого проекта должны быть созданы новые рабочие места. Кроме того, госфинансирование доступно, только если в модернизацию производства также готовы вкладываться частные инвесторы.

В 2021 году на финансирование региональных программ развития промышленности был направлен 1 млрд рублей.

Субсидии получили 25 регионов России.

Подписанным документом внесены изменения в распоряжение правительства от 3 апреля 2021 года № 862-р.

Постановление от 18 апреля 2022 года № 686

Регионы смогут докапитализировать свои фонды развития промышленности за счёт федеральных средств, выделенных из резервного фонда правительства. Это позволит обеспечить доступ предприятий к недорогим кредитам на пополнение оборотных средств, поможет им сохранить персонал и объёмы производства продукции.

Согласно правилам, которые утвердил председатель правительства Михаил Мишустин, с помощью грантов региональных фондов развития предприятия смогут компенсировать до 90% затрат на уплату процентов по кредитам. Общий размер обязательств одной компании по кредитному договору не должен превышать 250 млн рублей, а совокупный объём финансовой поддержки — 50 млн рублей. На эти цели правительство выделило 4,3 млрд рублей. Федеральное финансирование позволит обеспечить дополнительную поддержку промышленных предприятий в 77 регионах страны.

Постановление от 23 апреля 2022 года № 746

Правительство смягчило требования к российским IT-компаниям, которые получают государственные субсидии на создание цифровых платформ для производства высокотехнологичной промышленной продукции.

Речь идёт об увеличении на два года срока реализации комплексных проектов, на которые выделялись субсидии. Таким образом, компании — разработчики программного обеспечения смогут избежать штрафных санкций за срыв поставок по действующим соглашениям. Субсидии, упомянутые в постановлении, выделяются отечественным IT-компаниям с конца 2020 года в рамках федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Они покрывают до 50% затрат на создание программных продуктов.

Подписанным документом внесены изменения в постановление правительства от 30 апреля 2019 года № 529.

Постановление от 26 апреля 2022 года № 753

Российские компании, внедряющие новые технологии в промышленное производство, смогут в два раза быстрее заключать с государством специальные инвестиционные контракты (СПИК 2.0). Минимально возможный срок этой процедуры сокращён до полутора месяцев.

Сокращения сроков удалось добиться благодаря пересмотру регламента части процедур. Во-первых, теперь Минпромторг должен дать ответ на предложение компании-инвестора о заключении СПИК 2.0 в течение 5 рабочих дней, а не 10 дней, как было ранее. Во-вторых, с 30–45 до максимум 10 календарных дней сокращён срок разработки документации о проведении конкурсного отбора. В-третьих, свою заявку на участие в конкурсном отборе компания-инвестор может подать сразу же после размещения извещения о его проведении. Раньше срок подачи заявок наступал только через 30 дней после размещения конкурсной документации.

Подписанным документом внесены изменения в постановление правительства от 16 июля 2020 года № 1048.

<http://government.ru/>

РОССИЙСКИЙ пятикоординатный лазерный технологический комплекс



ЛТСК-ОСВ

- Пятиосевая координатная система XYZ+AB
- Поле обработки: 600x400x600 мм (XYZ)
500x400x400 мм (XYZA)
300x300x300мм (XYZAB)
- Иттербиевый квазинепрерывный волоконный лазер IPG-Photonics
- Сферы применения: 3D-резка, 3D-сварка, прошивка отверстий



ГРУППА КОМПАНИЙ

**ЛАЗЕРЫ
И АППАРАТУРА**

- 25 лет на рынке
- Серийные комплектации и заказные разработки
- ПНР и сервисное обслуживание (дистанционно и с выездом к заказчику)

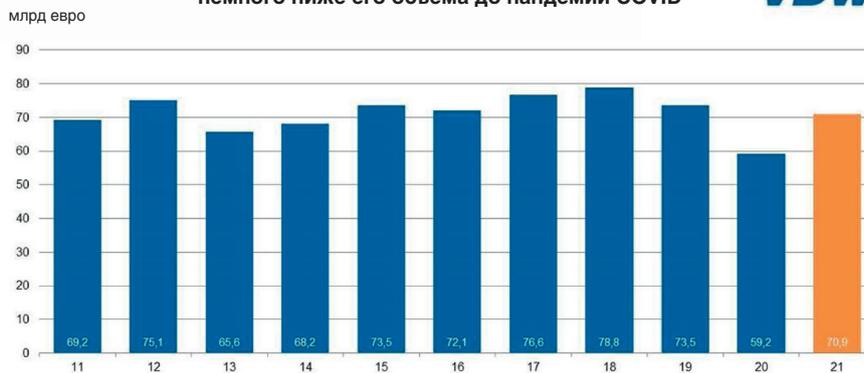
ВОССТАНОВЛЕНИЕ МИРОВОГО РЫНКА СТАНКОВ

В 2021 году мировое производство станков увеличилось на 20%. Китай и США сообщили о производственных рекордах. Мировое производство станков составило почти 71 млрд евро, что примерно на одну пятую больше, чем в прошлом году.

Китай остался крупнейшим производителем с объемом производства почти 22 млрд евро и долей мирового рынка в 31%, что еще больше увеличило отрыв от конкурентов. Германия и Япония занимают одинаковую долю рынка — примерно по 13% каждая. Объем производства в Германии составил 9 млрд евро, что лишь немного выше прошлогоднего минимума, вызванного COVID. Объем производства Японии составил 8,9 млрд евро.

США являются четвертым по величине производителем станков в мире, и с американской точки зрения 2021 год

Мировое производство станков в 2021 году было немного ниже его объема до пандемии COVID



был лучшим годом за всю историю. С достижением объема производства в 6,4 млрд евро и впечатляющего прироста почти в 40% рыночная доля США увеличилась до 9%. После сложного прошлого года Италия продемонстрировала здоровый рост, поднявшись сразу на пятое место.

РОССИЙСКИЙ РЫНОК МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Согласно отчету, подготовленному агентством DISCOVERY Research Group, объем рынка металлообрабатывающего инструмента в России в 2021 г. составил \$ 737 144,6 тыс. Это изделия керамические для металлообрабатывающих станков; инструменты для нарезания наружной и внутренней резьбы; инструменты для растачивания/протягивания; инструменты для сверления; инструменты для токарной обработки; инструменты для фрезерования; инструменты сменные прочие; ножи и режущие лезвия; пластины, бруски, наконечники и пр.; приспособления для крепления. Наибольшую долю рынка занимает сегмент «Пластины, бруски и наконечники».

Объем производства металлообрабатывающего инструмента в России в 2021 г. составил \$ 73 589,4 тыс. Наибольшую долю производства занимает сегмент «Инструменты для фрезерования». Основные производственные мощности сосредоточены в Свердловской и Белгородской областях, в Санкт-Петербурге. Крупнейшими производителями являются: ЗАО «НИР», ООО «Новая инструмен-

тальная технология» («Специнструмент»), Белгородский завод фрез и специнструмента, АО «ИТО-Туламаш», ООО «НПК Томский инструмент» (Томский инструментальный завод), «Свердловский инструментальный завод», АО «ОДК-Пермские моторы», АО «Воткинский завод», ПО «Волжский инструмент», Московский инструментальный завод, ООО «ВИРИАЛ», ОАО «Кировградский завод твердых сплавов» и «СКИФ-М»

Объем импорта металлообрабатывающего инструмента в Россию в 2021 г. составил \$ 671 788,3 тыс. Наибольшую долю импорта заняли бренды: Ceratizit, Emuge, Guhring, Hanita, Hoffman (Grant, Horex), Horn, Ingersoll, Iscar, Kennametal, Korloy, Kyocera, Mitsubishi, OSG, Palbit, Pramet, Sandvik Coromant, Seco, SGS, Sumitomo, Taegutec, Tungaloy, Walter, Widia, YG-1, ZCC-CT и др.

Объем экспорта металлообрабатывающего инструмента из России в 2021 г. составил \$ 8 233,1 тыс.

<https://drgroup.ru/>

ПОСТАНОВКА НА ПРОИЗВОДСТВО

В рамках диверсификации производства и увеличения доли продукции гражданского назначения АО «Обуховский завод», входящий в концерн ВКО «Алмаз-Антей», приступает к изготовлению промышленного аддитивного оборудования. На предприятии стартует производство песчаного 3D-принтера и атомайзера — разработок, полностью состоящих из отечественных комплектующих.

Песчаный 3D-принтер — высокопроизводительная универсальная 3D-машина, предназначенная для создания песчаных форм и стержней для сложных отливок. Атомайзер предназначен для изготовления порошков из различных металлов и сплавов. Предприятие одновременно ведет подготовку к производству двух типов атомайзе-

ров: с вертикальным распылением расплава для опытного и мелкосерийного производства и на основе плазменного узла атомизации для производства порошка из вторичного металлургического передела (проволоки). Опытные образцы продукции будут готовы в первом квартале 2023 года.

Среди уже производимого предприятием аддитивного оборудования: промышленная высокотемпературная аддитивная установка «Ларец», которая позволяет изготавливать изделия из конструкционных термопластичных материалов, а также линейка 3D-принтеров «Гелиос», предназначенных для сферы образования.

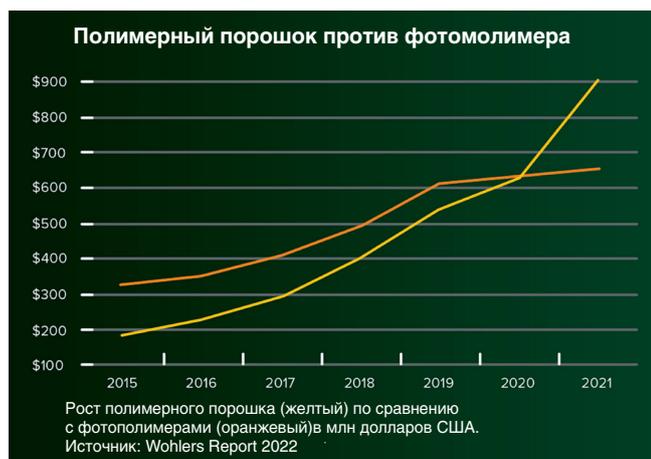
<https://vpk.name/>

УВЕРЕННЫЙ РОСТ

В ежегодном отчете Wohlers Associates за 2022 год отмечается рост и развитие в секторе аддитивного производства (AM) по сравнению с прошлым годом — на 19,5%. Это значительный результат по сравнению с предыдущим годом, который показал рост всего на 7,5% из-за воздействия пандемии. И хотя он еще не совсем достиг доковидного уровня (в среднем за 10 лет до 2020 года рост составил 27,4%), тем не менее это важная веха. Как объяснил Терри Уолерс, руководитель отдела консультационных услуг и анализа рынка в Wohlers Associates: «Отрасль вернулась к периоду развития и инвестиций. Это расширение затрагивает аэрокосмическую промышленность, здравоохранение, автомобилестроение, производство потребительских товаров, энергетику и другие отрасли».

Все больше и больше компаний используют AM для производства продукции на заказ и серийного производства, что может быть определено как более промышленное применение этой технологии. Признаком этого является хотя бы то, что в этом году применение полимерных порошков официально обогнало применение фотополимеров. Как видно на рис. 1, потребление полимерных порошков выросло на 43,4% в 2021 году.

Отчет содержит информацию о 75 слияниях, поглощениях и первичных публичных предложениях. Это почти вдвое больше, чем было указано в прошлогоднем отчете. Этот показатель, хотя и не связанный напрямую с ростом, предполагает зрелость и успех компаний, что является косвенным признаком процветания отрасли.



Примечательно, что Wohlers Associates отмечает, что в этом году были расширены разделы о роли женщин в 3D-печати, масштабировании AM в производстве (еще один признак значительной индустриализации сектора), развитии НИОКР, а также развитии рабочей силы и устойчивости. Поскольку предупреждения об изменении климата усиливаются, многие в сообществе AM настаивают не только на дальнейшем внедрении AM, поскольку оно более экологично, чем традиционные методы, но и на том, чтобы сделать саму технологию более устойчивой.

Уолерс отмечает, что отчет за 2022 год был создан при поддержке 117 поставщиков услуг 3D-печати, 114 производителей 3D-принтеров, 29 сторонних разработчиков материалов и 152 академических и исследовательских институтов. Были собраны мнения экспертов 93 соавторов и участников из 33 стран.

<https://wohlersassociates.com/>



Система лазерной эрозионной обработки **turboforma**

Уникальный лазерный комплекс для создания объёмных изделий из металла по технологии лазерной эрозионной обработки (LaserBarking)



ПОЛНОСТЬЮ УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ FL-CPM



FL-CPM — это универсальная многоосевая система станочного типа для обработки деталей — тел вращения. **Модульная конструкция** координатной системы и **широкий выбор** съемных навесных элементов крепления заготовок дают возможность создать Вашу **уникальную конфигурацию станка**.



**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР IPG
ПОЗВОЛЯЕТ СОКРАТИТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ**

Примеры применений

Сварка деталей вращения,
профильных изделий, валов



Наплавка валов, наплавка
шестерен



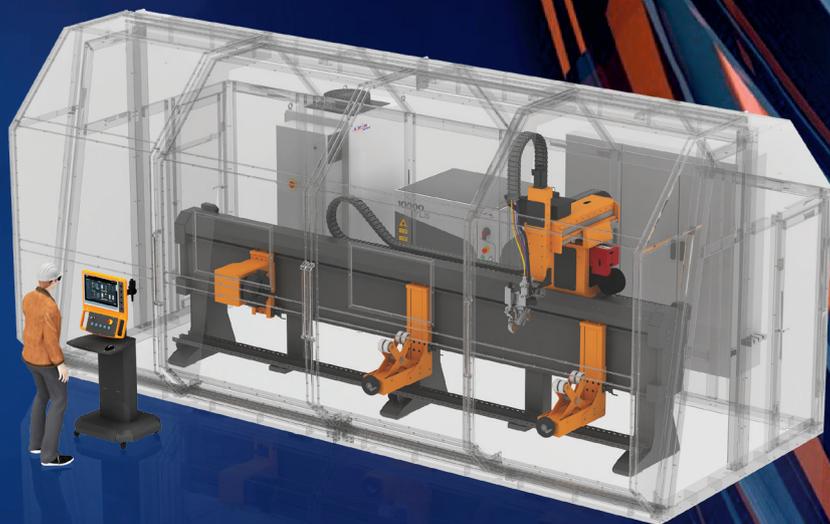
Термоупрочнение резьбы,
валов, зубчатых колес



ЛЮБАЯ КОНФИГУРАЦИЯ ПОД ЛАЗЕРНУЮ СВАРКУ, НАПЛАВКУ ИЛИ ТЕРМООБРАБОТКУ

Система **FL-CPM** обеспечит
Вашему производству
**высоколиквидный автома-
тизированный процесс**
обработки различных
деталей.

Возможность смены
оптических голов позволяет
осуществлять **различные
техпроцессы на одной
установке.**



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ РАЗРАБОТКИ С УДОБНЫМ И ПОНЯТНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

СВАРКА. Экономия времени и электроэнергии: скорость лазерной сварки 1–10 м/мин, сварной шов не требует дополнительной обработки, зона термического влияния лазерной сварки не более 0,5 мм, возможность полной автоматизации. Эффективность и гибкость в использовании: наименьший размер сварного шва и зоны термического влияния, высокая повторяемость процесса, быстрая перенастройка при переходе на изготовление нового изделия.

НАПЛАВКА. Высокий коэффициент использования материала: в случае наплавки проволокой – 100% (до 90% при наплавке порошком). Локальная обработка поверхности, минимальная постобработка, стабильная высота наплавляющего слоя, минимальное перемешивание основного и наплавляемого материалов. Отсутствие деформации изделия в процессе обработки.

ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕ. Локальный нагрев поверхности – термообработка не всей детали, а её локальных участков, подверженных износу. Быстрый термический цикл – высокая скорость нагрева и охлаждения обрабатываемых поверхностей –

уменьшение размера зерна материала. Высокая твердость поверхности и однородность структуры. Твердость обрабатываемых изделий/участков повышается более чем в 2 раза (толщина слоя 0,5–1,8 мм). Деформация при лазерном термоупрочнении более чем на порядок меньше, чем при термоупрочнении традиционными способами.

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

+7 (496) 255-74-46; sales@ntoire-polus.ru

www.fl-cpm.ru



IRE-POLUS®

НОВИНКИ С ВЫСТАВКИ

На выставке «Фотоника» в Москве компания НТО «ИРЭ-Полюс» — подразделение корпорации IPG Photonics — показала несколько значимых новинок.

Пожалуй, основная из них — лазер YLR-4000. Это прибор с максимальной выходной мощностью 4 кВт, размещенный в компактном корпусе 448x680x177 мм. Если сравнивать с аналогами, представленными на рынке, то это самый компактный лазер, который выдает такую мощность. Другие параметры: длина волны излучения: 1070нм, качество выходного пучка: BPP <4 мм х мрад, потребляемая мощность: <5,7 кВт. Такие источники излучения хорошо подходят для лазерного раскроя, сварки и других промышленных задач. Как пояснили на стенде, наблюдается постоянная тенденция уменьшения массогабаритных параметров волоконных лазеров: «В прошлом году была презентована модель YLR-3000 с мощностью 3 кВт, в этом году мы готовы принимать заказы на более мощную версию в том же корпусе. Кроме того, в прошлом году было положено начало линейки лазеров YLR-U в суперкомпактных корпусах с максимальной выходной мощностью до 2 кВт».

Также на выставке была показана новая модель из линейки лазеров QCW. QCW — это квазинепрерывные приборы, которые генерируют миллисекундные импульсы и работают в режиме излучения, схожем с режимом работы твердотельных лазеров. И если до начала года максимальная пиковая мощность QCW-лазеров одномодульной конструкции YLM, которую мы могли предложить, ограничивалась 3 кВт, то новый прибор YLM 450–4500-QCW выдает в пике 4,5 кВт. Источник может быть использован для лазерного прецизионного раскроя, точечной сварки и др., будет востребован для модернизации лазерных



Фото: Ярослав Корбашов

установок, имеющих в своем составе твердотельный или менее мощный QCW-лазер.

И, конечно, большое внимание привлекла новая компактная система ручной лазерной сварки LightWELD1500 XC с добавленной функцией лазерной очистки. Совмещение двух технологий в одной системе повышает удобство подготовительных и основных технологических процессов сварки, что положительно влияет на прочность, качество и внешний вид сварного шва. Функционал очистки LightWELD1500 XC позволяет удалять окислы, ржавчину, масла и СОЖ с обрабатываемых поверхностей перед сваркой, а также сажу, копоть и цвета побежалости после нее. Очистка реализуется за счет предзаписанного режима генерации высокочастотных лазерных импульсов с пиковой мощностью 2500 Вт, максимальная ширина полосы зачистки — 15 мм. Развитие линейки ручных лазерных сварочных систем имеет большие перспективы.

<https://www.ipgphotonics.com/ru/site>



ТЕРМООБРАБОТКА

Пятнадцатая международная специализированная выставка

Единственная в России выставка термического оборудования и технологий

13 - 15 сентября 2022

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 7



Основные разделы:

- Термическое и химико-термическое оборудование
- Промышленные печи, сушильные шкафы
- Индукционное оборудование
- Жаропрочная оснастка
- Вакуумная техника и компоненты вакуумных систем
- Огнеупоры, теплоизоляция и футеровка тепловых агрегатов
- Изделия из графита, углеродного волокна и углерод-углеродных композитов
- Установки нанесения покрытий
- Диагностическое и измерительное оборудование

Независимый выставочный аудит







Факты о выставке 2021 года: 50 экспонентов из 11 стран мира - Россия, Беларусь, Германия, Австрия, Италия, Швейцария, Польша, Китай, Словения, Франция, Турция; 3022 кв.м. экспозиции; 2150 посетителей-специалистов

Бронь стендов и пригласительные билеты на www.htexporus.ru



Организатор:



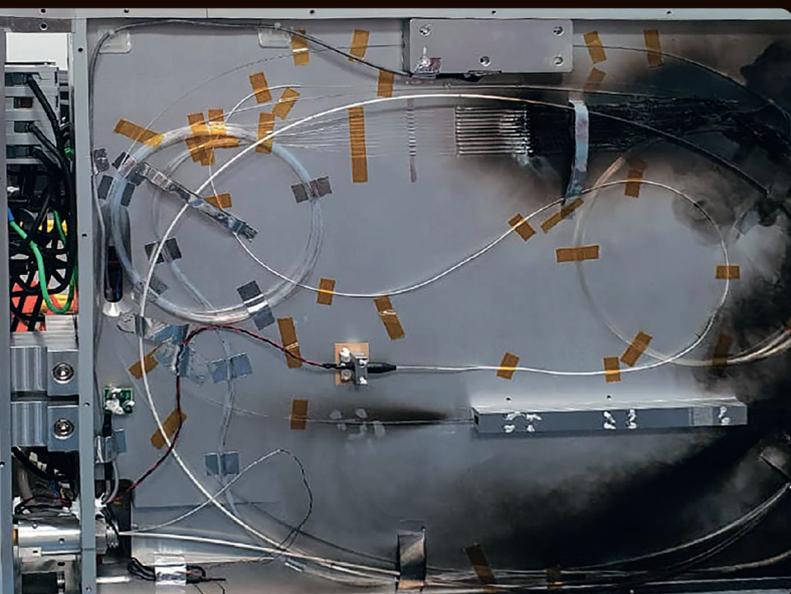
РЕМОНТ ЛАЗЕРОВ



Лазерная обработка
материалов: оборудование,
технологии, производство

АО «ЛЛС» осуществляет диагностику, сервисное обслуживание и ремонт оптических головок, лазерных комплексов и волоконных лазеров следующих типов:

- Непрерывные волоконные лазеры мощностью до 30 кВт
- Узкополосные волоконные лазеры
- Импульсно-периодические волоконные лазеры
- Лазеры с ультракороткими импульсами
- Источники IPG Photonics, MAX Photonics, Raycus, Trumpf, Roфин, Coherent, BWT Beijing, JPT и др.



Диагностика

01

**Выявление
неисправностей**

02

**Отчёт
и рекомендации**

03

Ремонт

04

- Собственный научно-производственный участок и лаборатория
- Все необходимые комплектующие для ремонта в наличии на складе «ЛЛС»
- Сотрудники с опытом более 10 лет
- Качественная, оперативная помощь специалистов
- Проведение пусконаладочных работ
- Бесплатная гарантия на ремонт

Виды работ:

- Проверка/замена оптоволоконного тракта
- Замена кабеля вывода излучения QVN
- Замена объединителей накачки
- Проверка/замена излучающих диодов
- Сервис технологических головок
- Проверка/замена оптики

8 (812) 612 99 82

info@lls-mark.ru

lenlasers.ru

lls-mark.ru

199034, Санкт Петербург, Биржевая линия, д. 16, Технопарк ИТМО, офис 401

Реализованные
проекты и
отзывы:



СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАСЛЬ: ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ

Промышленность, в том числе станкоинструментальная отрасль, оказалась в новой реальности. По данным Росстата, за 1 квартал текущего года индекс производства в обрабатывающих производствах вырос на 105,1%, при этом в марте 2022 г. по сравнению с соответствующим периодом предыдущего года рост составил 99,7%.

В марте 2022 г. выпущено 528 металлорежущих станков, что показывает рост к марту 2021 г. 121,7%, а 1 квартал 2022 г. к 1 кварталу 2021 г. показывает рост 125,1%. В марте 2022 г. было выпущено 775 кузнечно-прессовых машин, что составило 198,2% к марту 2021 г., а по итогам 1 квартала 2022 года выпуск вырос в 2 раза.

По данным обследования деловой активности в апреле 2022 г., в котором приняли участие 3696 организаций обрабатывающих производств (без малых предприятий), значение индекса предпринимательской уверенности составило -2%.

Редакция журнала «РИТМ машиностроения» задала вопросы представителям отрасли о том, как они оценивают текущую ситуацию и как видят перспективы:

1. Каковы итоги деятельности вашей компании в 2021 году?
2. С какими трудностями вы уже столкнулись или можете столкнуться в связи с уходом с российского рынка зарубежных компаний?
3. Как вы оцениваете перспективы спроса на вашу продукцию?

ГК «Лазеры и аппаратура» — разработчик и производитель промышленного лазерного оборудования



Анна Леонидовна Цыганцова,
исполнительный директор

В прошлом году мы усовершенствовали модельный ряд оборудования, которое производим, провели масштабную работу по унификации модулей и серьезно продвинулись по целому ряду направлений.

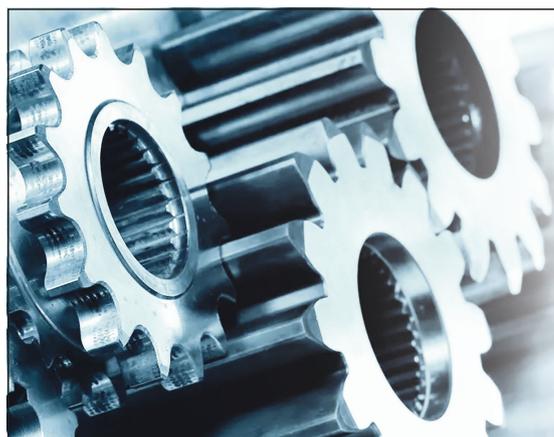
К примеру, мы расширили линейку компактных сварочных комплексов решением нового поколения — теперь у нас есть пятикоординатный комплекс для сварки. Ещё одна новинка прошлого года — установка для порошковой наплавки и формообразования МЛ7. А на «Металлообработке-2022» мы вместе с партнёром представим новую установку уже этого года — лазерный технологический комплекс для резки и сварки объёмных изделий и деталей сложной формы. Кроме того, в прошлом году мы создали технологический центр лазерной микрообработки, который оснащён нашими системами МЛП1 с CO₂-лазером,

установкой с фемтосекундным лазером и новой нашей разработкой — установкой для микрообработки с ультрафиолетовым лазером МЛП1-УФ, которая чрезвычайно перспективна для развития отечественной микроэлектроники.

Мы также серьёзно продвинулись в плане систем управления — как в части программного обеспечения, так и в области систем технического (машинного) зрения. Кроме того, мы разработали собственный промышленный контроллер, и теперь часть систем будет выпускаться именно с ним.

Относительно трудностей, связанных с уходом зарубежных поставщиков с рынка, можно сказать, что в будущее мы смотрим с оптимизмом. У наших станков большая доля локализации — мы либо делаем составные части самостоятельно, либо в России у партнёров. При этом, конечно, есть часть комплектующих, которые мы заказывали за рубежом, но в нашем случае соотношение примерно 90% — российские, а 10% — иностранные. И, да, в целом ситуация заставляет нас пересмотреть кооперацию, где-то увеличить сроки производства, где-то скорректировать технические параметры, но в целом — мы продолжаем разработку, совершенствуем оборудование и активно развиваемся.

лообработке-2022» мы вместе с партнёром представим новую установку уже этого года — лазерный технологический комплекс для резки и сварки объёмных изделий и деталей сложной формы. Кроме того, в прошлом году мы создали технологический центр лазерной микрообработки, который оснащён нашими системами МЛП1 с CO₂-лазером,



- ПОСТАВКА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ
ДЛЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ
- РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАНКОВ
- РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ КПО

СТАНКОМАРКЕТ
г. Москва, ул. Подольских Курсантов,
д. 3, оф. 346

+7 (495) 720-33-97
E-mail: mail@stan-mash.ru
www.stan-mash.ru

ЗАО «Липецкий станкозавод «Возрождение» — разработчик и производитель плоскошлифовальных станков.



Анатолий Львович Лукьянов,
заместитель генерального
директора по маркетингу

2021 год для нашей организации, как и для большинства станкостроителей страны, прошел как равнодействующая двух основных тенденций в станкостроении:

— медленно, но растущий спрос на услуги отрасли (поставки новых станков, ремонт и модернизация, поставка запасных частей);

— крайне незначительно растущие производственные возможности реальных производителей (не продавцов, собирающих оборудование по

принципу «отверточной технологии»). До настоящего времени нами не обнаружены существенные меры по восстановлению и росту отечественного станкостроения.

Новая эпоха в жизнедеятельности нашей страны, начавшаяся в феврале текущего года, не принесла в деятельность нашей организации принципиально новых проблем: тот же рост цен на комплектующие изделия, снижение объема и номенклатуры предложений именно отечественных комплектующих изделий (подшипники, насосы, гидравлика). Предложения импортной комплектации (во всяком случае, требуемой нашей организацией) сохранились на приемлемом уровне.

В настоящее время спрос на производимую нами продукцию (или которую мы в принципе можем производить при определенных условиях) растет и, видимо, скоро достигнет предела наших производственных возможностей. И тут необходимы давно ожидаемые, но пока не реализуемые в стране меры по расширению производственной инфраструктуры (площади, оборудование, подготовка кадров, НИОКР и т.д.). Нужны меры по устранению давно существующих и вновь появившихся барьеров по расширению производства: резкое упрощение получения свидетельств по постановлению № 719; снижение (а еще лучше удаление) требований по экспорту в страны Таможенного союза и прочие дружественные нам государства (постановление № 312 от 09.03.2022). Эти искусственные барьеры весьма осложняют деятельность структур МСП, работающих в сфере станкостроения.

Вывод: или мы сейчас делаем резкий рывок, или по-прежнему будем находиться в третьем десятке мировых производителей станков, все более и более теряя существующие компетенции, отставая от ведущих мировых производителей. Надеюсь, что в рамках предстоящей в Москве выставки «Металлообработка» (где мы обязательно участвуем) пройдет широкая конференция станкостроителей страны, где первыми лицами Минпромторга, Минэкономразвития будут заслушаны наши проблемы и будут даны четкие ответы и решения (в отличие от кулуарного совещания на темы станкостроения в конце марта текущего года в Минпромторге).

ООО «Томский инструментальный завод» — производитель режущего инструмента



Константин Кошкин,
руководитель отдела
маркетинга и анализа

Если говорить кратко, то по сравнению с 2020 годом мы закрыли 2021 год с ростом реализации нашей продукции предприятиям, работающим на территории России, на 13,2%, предприятиям стран бывшего СНГ — на 5,12%. В целом, наблюдали рост потребления нашей продукции во всех отраслях российской промышленности, кроме станкостроительной и отрасли железнодорожного машиностроения. Наибольший рост спроса на наш инструмент в процентном выражении продемонстрировали предприятия электроэнергетического комплекса, судостроения и деревообрабатывающей промышленности. Наибольший рост в денежном выражении пришелся на предприятия авиакосмической и автомобильной промышленности.

Как и многие предприятия производственного сектора, мы имеем большое число импортного высококлассного оборудования и вопрос поставок комплектующих — основной. При этом мы никогда не делали ставок на одного производителя. При временном выходе из строя какой-то единицы оборудования имеем возможность и практикуем гибкое управление производственными потоками на имеющихся технологических линиях. Вторым моментом является замещение материалов и расходников, которые пока ещё не производятся на отечественных предприя-

тиях. В настоящее время ведётся сравнительная работа и испытания аналогов. В перспективе мы с оптимизмом смотрим на инициативность и оперативность в разработке замещающих материалов российскими производителями.

Миссия нашего предприятия включает в себя разработку и производство высококачественного режущего инструмента для обработки традиционных и перспективных материалов. Мы позиционируем себя, как надёжного партнёра в решении задач потребителей, в обеспечении технологической безопасности и устойчивого роста обрабатывающих производств.

Мы производим и поставляем качественную, надёжную в работе продукцию, за которую заказчики голосуют рублём. Повышение спроса на нашу продукцию в первую очередь связываем с более активной работой по импортозамещению, которое вызвано и запретами на поставки некоторых видов товаров в Россию, и повышением цен на импорт. Особенно много запросов поступает на разработку и изготовление разнообразного узкоспециализированного инструмента, в освоении которого мы уже нарабатывали большие компетенции, и продолжаем их развивать.

На выставке «Металлообработка» мы представим новые линейки цельнотвердосплавного инструмента: высокопроизводительные фрезы общего назначения; свёрла с внутренним подводом СОЖ для обработки титановых и алюминиевых сплавов, нержавеющей и жаропрочных сплавов, а также общего назначения; обновлённую линейку фрез для обработки всех групп закалённых материалов и ряд специального инструмента для обработки композиционных материалов.

Metal Master — производитель и поставщик оборудования для металлообработки



Евгений Ильин,
коммерческий директор

Прошедший 2021 год был для Metal Master достаточно удачным. Нам удалось добиться положительной динамики основных финансовых показателей, выручка компании выросла на 26% относительно 2020 года.

Одним из важнейших драйверов роста продаж стала планомерная реализация стержневой стратегии Metal Master, заключающаяся в расширении присутствия на рынке за счет

активного развития новых товарных групп. Такой подход позволяет постоянно держать компанию в тонусе, отсекая возможность заикливания на текущем ассортименте и рутинных действиях. Другими словами, мы просто никогда не останавливаемся в развитии. При этом мы уделяем внимание как массовому сегменту, включая станки класса DIY, так и специализированному оборудованию для решения специфических производственных задач. И поскольку в 2020 году мы плотно прорабатывали ряд промышленных проектов, они внесли значительный вклад в результат прошлого года.

Первым и наиболее успешным стартапом Metal Master в 2021 года стал ввод в ассортимент станков лазерной резки листового металла. Продажи только лишь одной ключевой модели — оптоволоконного лазера Metal Master MLF-3015R 1500W — составили более 10 единиц. А это было абсолютно новое для нас оборудование, поступившее на склад в октябре прошлого года. Успех обеспечил максимально востребованный набор технических параметров в сочетании с конкурентной ценой, т.е. идеальное соотношение параметров цена — качество — характеристики.

Вторым проектом, положительно повлиявшим на результат прошлого года, стали электроэрозионные станки серии Metal Master DK и супердрель Metal Master MDS-703A. В отличие от станков лазерной резки, это достаточно специфическое оборудование. Тем не менее наши технические компетенции позволили собрать правильный набор требуемых рынку характеристик в техническое задание для нашей производственной площадки. Как итог — первые станки мы продали еще на стадии производства.

Далее, в 2021 году мы расширили нашу линейку ленточнопильного оборудования автоматическими двухколонными станками серии Metal Master MSK. Это еще один шаг, к более технологичному и современному оборудованию, рассчитанному на крупные промышленные предприятия и работу в составе полноценной производственной линии.

Хочу отметить, что перечисленные выше проекты являются лишь самыми яркими вехами, которые иллюстрируют стремление нашей компании к расширению своего присутствия на рынке, эволюции продуктовых линеек и наращиванию собственных компетенций.

Еще одним значимым фактором роста продаж Metal Master стало развитие нашего взаимодействия с покупателями, потенциальными клиентами и просто людьми, увлекающимися работой с металлом. Наша SMM-активность, работа с нашим видеоканалом и прочие PR-коммуникации с целевой аудиторией позволили увеличить узнаваемость бренда и создать дополнительную лояльность потребителя к нашей компании и нашему продукту.

Думаю, именно эти векторы развития обеспечили нам положительный результат 2021 года.

Что касается текущей ситуации — Metal Master является российским брендом. Почти вся операционная деятельность компании сосредоточена в нашей стране, основные же производственные площадки Metal Master сосредоточены в ЮВА. И самое главное — 95% наших клиентов — это также отечественные компании и частные лица. То есть мы работаем на российском рынке и для российского рынка. Таким образом, для Metal Master как для поставщика металлообрабатывающего оборудования возникновение сложностей из-за ухода с рынка зарубежных компаний маловероятно.

Относительно перспектив — вопрос достаточно сложный, так как в нынешних условиях трудно что-либо прогнозировать. С одной стороны, напряженная политическая обстановка, а также повышенная волатильность валютного рынка, создают в обществе и бизнесе атмосферу неопределенности и неуверенности в завтрашнем дне. В такой ситуации трудно принять решение о покупке оборудования, как для небольшой частной компании, так и в рамках крупного инвестиционного проекта. Также на платежеспособный спрос влияет резкий рост инфляции. Как мы видим, практически всё подорожало, а для многих станки далеко не предмет первой необходимости. Дополнительно упомянутый ранее уход с рынка зарубежных компаний унес с собой часть потенциальных клиентов. Таким образом, уровень негативного давления на нашу отрасль в 2022 году, безусловно, будет велик.

С другой стороны, мы видим значительные усилия нашего государства по стимулированию импортозамещения и развитию отечественных производств. Вероятно, значительно увеличатся инвестиции в оборонную промышленность, машиностроение и прочие отрасли. Строительная отрасль, по ситуации на сегодняшний день, пострадала незначительно. Мы считаем, что при условии соответствующего уровня поддержки бизнеса и мер по стимулированию спроса есть вероятность определенного роста продаж в нашем секторе.

В заключение хочу отметить, что именно для Metal Master как для чрезвычайно гибкой компании с диверсифицированным пулом производственных площадок и очень широкой продуктовой линейкой текущая ситуация не выглядит угрожающей. Особенно учитывая нашу ориентацию на бюджетный и средний ценовой сегмент, где соотношение цена–качество имеет первостепенное значение. Такое оборудование всегда будет пользоваться спросом, который мы готовы удовлетворить.

TopStanok (ООО «Магистраль») — поставщик промышленного оборудования для металлообработки и 3D-технологий для предприятий и заводов по России и СНГ



Евгений Кузьмин,
сооснователь
и генеральный директор

В прошлом году линейка компании пополнилась новыми категориями и брендами, в том числе отечественного металлообрабатывающего оборудования. Во многом благодаря этому мы смогли быстро перестроиться и адаптироваться к текущим реалиям. Особый упор был сделан на промышленные технологии 3D-печати.

Все поставщики иностранного оборудования уже столкнулись с беспрецедентными ограничениями со стороны производителей, сильно усложнилась доставка запасных

частей и ремонт. Часть брендов полностью отказалась от сотрудничества с российским рынком. Но этот факт нельзя оценивать только в негативном ключе. Самые сильные производители смогут расширить свою номенклатуру и заменить иностранные бренды в перспективе ближайших лет.

Как показала первая волна санкционных ограничений 2014 года, спрос на высокотехнологичное оборудование для металлообработки и 3D-печати остается стабильным. Более того, он даже увеличился ввиду роста внутреннего производства. Поэтому основной вопрос, сможем ли мы и остальные поставщики его удовлетворить.

В этом году проведение выставки пошло не по плану, поэтому показать новинки мы не успеем. Хотя собирались продемонстрировать несколько перспективных азиатских брендов. Китайские станки уже давно конкурируют с европейскими аналогами во многих категориях, включая токарную и фрезерную группу.

ООО ПКФ «СтанкоАртель» — производитель запасных частей к металлообрабатывающему оборудованию, пресс-форм и штамповой оснастки



Александр Владиславович Сорокин,
генеральный директор

2021 г. ознаменовался трудностями, связанными с пандемией, и, как следствие, падением спроса на большую часть продукции конечных заказчиков нашей компании.

Разрывы логистических цепочек и сбой в ритмичном обеспечении нашего производства импортным высокотехнологичным инструментом вынудили искать пути для частичной реализации технологических идей и раскрытия потенциала имеющегося оборудования в полном объеме.

Так были освоены (импортозамещены) как внутри компании, так и для нужд заказчиков:

- разработка и изготовление прецизионных тисков для фрезерных ОЦ с ЧПУ;
- разработка и изготовление специальных корпусных фрез под конкретные задачи производства;
- разработка и изготовление специальных инструментальных блоков, борштанг для токарных ОЦ с ЧПУ;
- разработка и изготовление патронов и быстроизнашиваемых деталей патронов для ОЦ с ЧПУ, трубонарезных станков, а также дополнительной спецоснастки под детали заказчика.

Одновременно с этим были произведены модернизация и запуск обрабатывающего центра с ЧПУ MIKROMAT 14A (ЧПУ SIEMENS 828D, X 2000 мм, Y 1600 мм, Z 1400 мм (ход пиноли 400 мм), макс. нагрузка на стол — 4000 кг.), что значительно расширило технологические возможности ООО ПКФ «СтанкоАртель» и привлекло новых заказчиков.

Таким образом, к 2022 году наша компания подошла достаточно подготовленной в части импортозамещения и внедрения собственных инженерных решений для обе-

спечения устойчивого движения в выбранном направлении. Возникшие вопросы недостающих инструментов и технологий, связанные с санкционными товарами и техническим обеспечением, будем закрывать собственными силами и используя имеющиеся решения у партнеров Юго-Восточной Азии.

2022 год, как и последующий, для ООО ПКФ «СтанкоАртель» будет проходить под лозунгом Импортозамещения.

Продукция нашей компании довольно широко востребована в машиностроении. Высвобождающиеся в станкоинструментальной промышленности ниши импортных комплектующих, узлов, спецоснастки, а также планово-предупредительные и средние ремонты сельскохозяйственной и спецтехники производства западных фирм, требующие оригинальных деталей, открывают широкие горизонты развития как отечественного машиностроения в целом, так и ООО ПКФ «СтанкоАртель» в частности.

Надеюсь, выставка «Металлообработка» поможет компании в расширении рынков сбыта и обмене опытом, станет наглядным отображением передовых технологий отечественного и зарубежного машиностроения.



СТАНКОАРТЕЛЬ



- запасные части для металлообрабатывающего оборудования
- запасные части для оборудования ВЧДР, ВКМ и ВРП РЖД
- шарико-винтовые пары
- штамповая и технологическая оснастка

+7 (4912) 46-33-97
 info@stankoartel.com
 www.stankoartel.com
 г. Рязань, ул. Бирюзова, 1В



КАК ПРЕОДОЛЕТЬ КРИЗИС

За последний месяц промышленные предприятия столкнулись с целым рядом серьезных вызовов, связанных с беспрецедентными ограничительными международными санкциями в отношении России. Участники круглого стола «Ситуационный центр. Эффективное производство», организованного ГК «Цифра» и «Центром аддитивных технологий», постарались оценить сложившуюся ситуацию и наметить возможные ответы для решения текущих и предотвращения грядущих вызовов в промышленности в условиях усиливающейся экономической изоляции. По итогам круглого стола на основе ключевых тезисов модераторов и экспертов был подготовлен дайджест «Эффективное производство 4.0», который может помочь сформировать план действий для преодоления кризиса.

Итак, были отмечены следующие основные задачи.

Мыслить аддитивно

Роль аддитивных технологий в условиях ограничения импорта возрастает в разы. Это качество, скорость, быстрый вывод на рынок новых продуктов. Многие детали, которые раньше изготавливались традиционным способом, в том числе импортные, можно производить аддитивно.

Повышать эффективность и гибкость производства

Для того чтобы обеспечить производству необходимую гибкость, требуются цифровые инструменты, позволяющие видеть это производство в любой момент времени и позволяющие быстрее принимать управленческие решения. Прежде всего это аудит и внедрение систем мониторинга. Также стоит обратить внимание на решения, которые позволяют продлить срок службы имеющейся инфраструктуры. На российском рынке достаточно цифровых продуктов, благодаря которым возможно минимизировать риски выхода из строя станка из-за нарушений в эксплуатации и наладить предиктивное обслуживание.

Сориентироваться в продуктах и решениях для повышения эффективности производства может помочь «Цифробанк» — проект АНО «Цифровая экономика», представляющий из себя каталог кейсов по цифровой трансформации различных отраслей.

Локализовать производство инструмента и комплектующих

В нынешних условиях доступ к части иностранных инструментов и комплектующих оказался отрезан. Для замены импорта из стран, ограничивающих поставки в Россию, предприятия смотрят на восток, в первую очередь в сторону Китая и Индии, а также на внутренний рынок. Причем, по мнению целого ряда участников дискуссии, важно стремиться именно к варианту производить комплектующие и инструменты в стране, а не впадать из одной зависимости в другую. В области станкостроения особенно проблемными для импортозамещения представляются системы ЧПУ и чипы. Предполагается, что к работе по данному направлению должно подключиться государство.

Искать окна возможностей внутри страны

Среди наиболее острых проблем в нынешних условиях участники круглого стола отметили трудности для экспорта достижений российской промышленности. Однако открылось другое окно — внутренний рынок, где с уходом целого ряда крупных иностранных игроков конкуренция стало значительно меньше. Рост курса доллара также может дать конкурентное преимущество станкам российского производства в ценовом плане внутри страны. Однако есть проблема, которая может помешать многим



промышленным предприятиям занять освобождающиеся на российском рынке ниши. Это отсутствие четкой цели, внутренней стратегии и тактики, реалистичных планов развития и направленности на реальный результат. Предприятиям в условиях дефицита ресурсов важно оценить свои компетенции, определить потребности рынка, собрать прорывную команду.

Готовить специалистов для работы с новыми технологиями

Участники круглого стола выделили несколько ключевых моментов в области подготовки кадров, актуальных в нынешних условиях. Это воспитание аддитивного мышления у широкого круга профессионалов, задействованных в производстве, подготовка специалистов для работы с цифровыми производственными технологиями, а также специалистов, которые умеют работать с широко внедряемым российским ПО.

Кооперироваться для решения общих задач

О необходимости кооперации и более тесной коллаборации в текущих условиях заявили практически все участники круглого стола. Речь может идти о работе с цифровыми промышленными платформами, в которых уже содержатся необходимые сервисы с промышленными данными и инструментарий для разработки промышленных приложений. Также необходима коллаборация разработчиков и интеграторов отечественных ИТ-продуктов. В этой связи компанией «Цифра», например, запущена горячая линия для консультации промышленных предприятий, столкнувшихся с проблемой внедрения или прекращения технической поддержки установленного зарубежного ПО. Существует идея создания цифровой платформы аддитивного производства, которую ЦАТ намерен реализовать в партнерстве с ГК «Цифра». Необходимость налаживания новых контактов в промышленности подчеркивает и Минпромторг РФ, связывая это в первую очередь с потребностью быстро перестраивать логистические цепочки и оперативно находить замену или дополнение к классической линейке комплектующих, запасных частей, агрегатов и узлов. Для решения этих задач Минпромторг в партнерстве с электронной торговой площадкой «Газпромбанк» запускает проект, по сути, цифровой биржи импортозамещения.

Использовать доступные меры поддержки

Все меры господдержки, которые были доступны в прошлом году, останутся актуальными и в этом. Помимо этого, промышленным предприятиям и ИТ-компаниям, работающим в области цифровизации производства, доступны поддержка цифровизации промышленности по линии Фонда развития промышленности, гранты РФРИТ и фонда «Сколково». Существенным подспорьем для цифровизации промышленности будет развитие модульной мультисервисной промышленной платформы, которая объединит заказчиков и разработчиков ИТ-решений.

https://intechology.ru/files/330/sbornik_oee2022.pdf

Видеозапись:

<https://www.youtube.com/watch?v=vyc6KS2dfQY>



- 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

www.hardy-tw.com



TAIWAN EXCELLENCE 2017

Дрель с сервоприводом / резьборезная головка



TAIWAN EXCELLENCE 2022

Головка со встроенным двигателем фланцевого типа



TAIWAN EXCELLENCE 2022

Мотор-шпиндель для нарезания резьбы с автоматической сменой инструмента (ATC) + СОЖ

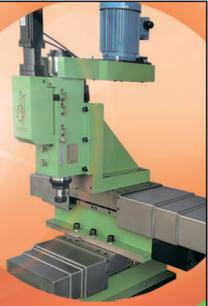


TAIWAN EXCELLENCE 2020

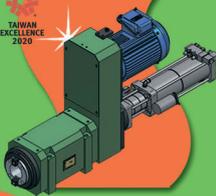
Шпиндельная головка со встроенным электродвигателем



Шпиндель токарного станка с ЧПУ

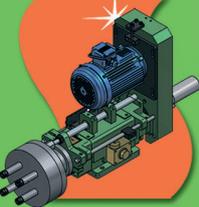


XZY-осевая шпиндельная головка с сервоприводом

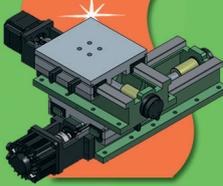


TAIWAN EXCELLENCE 2020

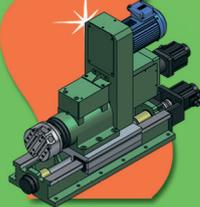
Расточно-фрезерная головка с автоматической сменой инструмента (ATC)



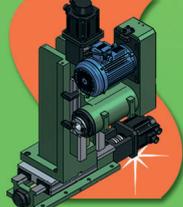
Мультишпиндельная головка



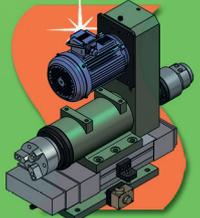
Линейные направляющие по XY-осям



Центральный шпиндель / подшипниковые направляющие



Стол на линейных направляющих по осям XYZ + фрезервальная головка



3-кулачковый шпиндель + слайд-блок



HANN KUEN MACHINERY AND HARDWARE CO., LTD.

No. 22, Liou Shun Rd., East District, Taichung City 401, Taiwan LINE ID: hann.kuen WeChat ID: hardytw
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





Рис. 1.

Многопрофильная группа **АО «Ай-Джи-Эй Технологии»** занимается решениями, связанными с поддержкой жизненного цикла изделий. За 12 лет работы компания вывела на рынок несколько программных комплексов для цифровизации и автоматизации бизнес-процессов предприятий ключевых отраслей экономики.

Среди этих продуктов особое место занимает корпоративное решение **POWERGUIDE** — программный комплекс для создания интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР, **рис. 1**). Он преобразует 3D-модели в руководства с интерактивным интерфейсом, трехмерной анимацией и привязкой данных. Вот уже более трех лет **POWERGUIDE** держит марку передового решения для создания и просмотра интерактивных инструкций в цифровом формате. К этому инновационному продукту привело адекватное понимание наукоемкого рынка и профессионализм, которые позволили увидеть нишу в сфере эксплуатации сложных изделий тяжелого машиностроения, в первую очередь транспортного машиностроения.

С ОПОРОЙ НА ОТРАСЛЕВЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Заказчиков начинали привлекать еще до того, как **POWERGUIDE** вышел в релиз. Первыми заказчиками стали железнодорожные машиностроители. Именно с ними разработчики проходили первые шаги по пути создания продукта. Благодаря совместной работе с отраслевыми специалистами **POWERGUIDE** содержит глубокую техническую проработку инструментов, которые необходимы специалисту для эффективного решения производственных задач. При этом продукт отработан до такого состояния, что им можно пользоваться самостоятельно без поддержки разработчика. Так начинались первые продажи. Начали с того, что делали инструкции по эксплуатации, по сборочным операциям, и изначально продукт был нацелен только на визуализацию технологических операций, а также операций по обслуживанию и ремонту. Но, решив эту задачу, разработчики продолжили развивать **POWERGUIDE**, вовлекая все больше сфер деятельности в границы продукта.

Заказчики высоко ценят эти наглядные руководства, потому что они демонстрируют клиентам и подрядным организациям их готовность к высокой степени зрелости коммуникаций. Использование **POWERGUIDE** уменьшает количество итераций по взаимодействию подразделений, которые разрабатывают документацию, и подразделений,

которые ее принимают и по ней работают. Для машиностроительной отрасли характерно большое количество документации, с которой необходимо ознакомиться, прежде чем работать с изделием, и предлагаемое разработчикам **POWERGUIDE**-решение обеспечивает сквозное изучение самых разных документов без потери контекста работы. Можно одновременно открыть 4–5 документов, и видеть, как они используются в операции, откуда возникли предпосылки для появления и выполнения самого сценария этой операции. При выделении детали для просмотра мгновенно подгружаются конструкторская и технологическая документация, и у пользователя появляется полное представление о техническом процессе. Наглядность ощутимо повышает качество работы с эксплуатационной и технологической документацией на производстве.

Не секрет, что проблема квалифицированных кадров актуальна для всех отраслей, а **POWERGUIDE** смягчает ситуацию, делая квалификацию приходящего персонала не такой критичной. Ведь одно дело изучать текст на бумаге, знать отраслевую специфику, большое количество терминов, другое дело посмотреть анимацию на изделии, как выполняется та или иная операция, и достаточно быстро во всем разобраться. Есть здесь и другой важный момент — экономия времени опытного специалиста, который не отвлекается на функции наставника.

СЛОВО РАЗРАБОТЧИКУ



О конкурентных преимуществах **POWERGUIDE** Кирилл Мячин, руководитель продуктового направления, рассказывает не с позиций разработчика, а с позиций пользователя.

— Прежде всего, пользователь редко остается наедине с какой-то задачей. **POWERGUIDE** создает условия для командной работы, когда над одной инструкцией, или анимацией, или 3D-моделью может работать сразу несколько человек (**рис. 2**).

У пользователя в руках автоматизированный инструмент, что позволяет буквально за 3–4 минуты получить инструкцию или каталог по заданному шаблону, которые

У пользователя в руках автоматизированный инструмент, что позволяет буквально за 3–4 минуты получить инструкцию или каталог по заданному шаблону, которые



Рис. 2

можно дальше детализировать. Но самый трудоемкий пункт разработки таких документов — это разработка иллюстраций изделия. Теперь не надо буквально каждую линию или каждый объект рисовать вручную. У нас в системе заложены шаблонные функции, которые позволяют типовые иллюстрации получать автоматически за 30 секунд машинного времени с проставленными выносными линиями и интерактивными номерами позиций. Дальше вы ее редактируете и доводите до идеала. Такие, казалось бы, небольшие победы очень ценят технические специалисты. Важно, что абсолютно вся работа с этой документацией происходит в нашей системе, то есть отсутствуют классические для этого процесса швы. В привычных реалиях иллюстрацию готовят в одном ПО, потом загружают в другую систему для создания инструкции или каталога, а 3D-модели — в третьей системе, и каждый раз при передаче данных нужно объяснять системе, что изображено, какие это объекты, что должно с ними происходить. Так появляются многочисленные швы, а каждый шов — это, во-первых, потеря какой-либо информации, а во-вторых, и это главное, — это потеря ассоциативности данных. С нашим решением любой документ, созданный в любой точке пути по разработке документации, можно использовать повторно. Иными словами, POWERGUIDE помогает нашему клиенту копить информационный капитал. Есть еще одно преимущество, которое технические специалисты тоже хорошо чувствуют. Это централизованное управление информацией. Если одна и та же иллюстрация используется в десяти документах, а в нее нужно внести какое-то изменение, то это изменение вносится единожды, и оно пройдет насквозь все 10 документов.

Работа специалиста не обязательно предполагает общение со стационарным компьютером. Это может быть ноутбук, планшет, в некоторых случаях смартфон, когда, например, специалист на удаленном объекте. По этой причине наши интерфейсы адаптированы под эти устройства. Абсолютно любая интерактивная инструкция, которую мы создали в POWERGUIDE, доступна в режиме виртуальной реальности. VR позволяет экономить время и ресурсы. Есть ряд прикладных вопросов, которые можно изучить либо на натурном макете, либо на реальном изделии, которое для этого надо вывести из эксплуатации, а простой реальной машины — это дорого. В целом POWERGUIDE внутренними инструментами комплексно закрывает вопросы разработки инструкций и их применения, от импорта 3D-модели из САПР до удаленного просмотра интерактивной анимации и документов со смартфона.

РОССИЙСКИЙ РЫНОК В ПРИОРИТЕТЕ

У POWERGUIDE есть экспортный потенциал и возможность выхода на другие рынки, где компания видит преиму-

щества своего продукта. Поэтому предусмотрен интерфейс на английском языке и разработан инструмент перевода интерфейса на другие языки. Однако компания с позиций стратегии своего развития ориентируется прежде всего на российский рынок. «Неслучайно мы зарегистрировались в реестре российского программного обеспечения, — говорит Кирилл Мячин, — потому что продукт во многом ориентирован на отечественную специфику, на гостей, на тот процесс разработки документации, который существует в России и странах СНГ».

ЧТО ВПЕРЕДИ

«Ай-Джи-Эй Технологии» постепенно расширяет инструментарий продукта для решения растущего числа задач пользователей. «Сейчас идем в сторону увеличения покрытия процессов, с которыми работает специалист, — делится планами Кирилл Мячин. — На текущий момент это инструкция для трех областей интересов — сборочные операции, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт».

Вектор дальнейшего развития продукта направлен на каталоги. «Мы увидели потребность рынка в электронных каталогах изделия, — рассказывает Кирилл Мячин. — Это часть эксплуатационной документации, специальный документ, с которым работает большое количество пользователей. Это могут быть сервисные центры, которые обслуживают уже выпущенные изделия, дилерские центры, которые их продают и предоставляют запчасти на эти изделия, внутренние подразделения заказчиков, такие как отделы сервисной поддержки или отдел продаж запасных частей. То есть с одним документом работает большое количество участников одного процесса, это разные специалисты, зачастую это разные юрлица, находящиеся в любой точке страны или мира. И все они одновременно работают с единой информацией, участвуют в обсуждении, и каждый понимает, что сделал пользователь на другом конце коммуникации, почему он предпринял те или иные действия. Совершенно очевидно, что привычная работа с бумажной документацией исключает возможность такой коммуникации, а значит, неэффективно тратится самый дорогой ресурс — время. К концу года планируем выпустить релиз каталога уже в качестве масштабируемого решения, которое любое предприятие может у себя внедрять.

Следующий очевидный шаг — разработка эксплуатационной документации, которая содержит документы, нуждающиеся в автоматизации в части формирования. Таким образом, мы придем в состояние, где большое количество инструментов сосредоточено в одной платформе.

Наш продукт не единственный в компании, у нас есть бизнес-приложения для решения задач машиностроения, разработанные другими департаментами. И, следуя стратегии движения компании, идем к тому, чтобы все эти приложения были дружественными друг другу, интегрированными и работали в рамках единой платформы. В будущем мы планируем расширить линейку продуктов платформы, и POWERGUIDE будет звеном в цепи управления жизненным циклом машиностроительных изделий».

АО «Ай-Джи-Эй Технологии» — многопрофильная группа компаний в области цифровизации и автоматизации бизнес-процессов предприятий ключевых отраслей экономики

111250, Москва, проезд Завода Серп и Молот, д. 10, БЦ «Интеграл»
Тел.: +7 (495) 212-21-01, info@igatec.com, <https://igatec.com>

НЬЮИНЖИНИРИНГ — ПУТЬ ОБРЕТЕНИЯ ИСТИННОЙ СИЛЫ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ РОССИИ

ПОСЛЕ ДВУХ ЛЕТ ОГРАНИЧЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ВСЕМИРНОЙ ПАНДЕМИЕЙ, И СВЯЗАННЫХ С НИМИ СБОЕВ В ПОСТАВКАХ ОБОРУДОВАНИЯ И КОМПЛЕКТУЮЩИХ В 2022 ГОДУ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ СТАЛКИВАЕТСЯ С НОВЫМИ ПРОБЛЕМАМИ. В УСЛОВИЯХ НАРАСТАЮЩЕГО САНКЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ МНОГИЕ ВЫНУЖДЕНЫ ИСКАТЬ НОВЫЕ ПУТИ К СПАСЕНИЮ. ЕСЛИ В ПРЕЖНИЕ ВРЕМЕНА РАЗУМНЫМ КАЗАЛОСЬ ВЛОЖЕНИЕ СРЕДСТВ В РАСШИРЕНИЕ ПАРКА ОБОРУДОВАНИЯ И НАРАЩИВАНИЕ МОЩНОСТЕЙ, ТО НЫНЕШНЯЯ СИТУАЦИЯ ЗАСТАВЛЯЕТ ИСКАТЬ ДРУГИЕ ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ СТАРЫХ И НОВЫХ ЗАДАЧ.

Рынок современного металлообрабатывающего оборудования перестраивается в условиях дефицита отдельных комплектующих крайне медленно, а стремительный рост цен и вовсе останавливает все вливания в существующие производственные мощности.

Сегодня сложился неприемлемый для экономики российского машиностроения разрыв между высокой стоимостью импортного металлорежущего оборудования (в 2–3 раза выше, чем для европейских резидентов) и крайне низкой производительностью из-за отставания технологических компетенций, выбора архаичных стратегий обработки и режимов обработки, далёких от расчётных.

Потери от крайне низких уровней загрузки главных приводов станков (меньше 10%) умножаются на высокую долю простоев высокопроизводительных рабочих мест при архаичных графиках работы, игнорировании доступного российского ПО оптимизационного планирования и контроля выработки, пренебрежении методами встроенной подготовки производства и быстрой переналадки.

Средством для восстановления сил отечественной производственной отрасли после продолжительной болезни может стать реинжиниринг по Хаммеру и Чампи — *фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения существенных улучшений в ключевых для современного бизнеса показателях результативности. В рамках такой всеобъемлющей трансформации первым шагом может и должен стать ньюинжиниринг* — пересмотр текущих технологических процессов с точки зрения наилучших доступных технологий (НДТ). Грамотный ньюинжиниринг позволит уменьшить в 10 и более раз время обработки большинства деталей, соответственно увеличить объёмы производства, уменьшить стоимость изделий на 30–50%, нарастить фондоотдачу, получить высокую прибыльность инвестиций.

Примерный порядок действий, которые необходимо будет выполнить для достижения показателей НДТ:

- Создание цифрового двойника технологического процесса средствами отечественного ПО ADEM–VX. А именно — формирование комплексной информационной модели ТП, которая соответствовала бы требованиям полноты, актуальности, непротиворечивости данных, соответствующих НДТ.
- Подтверждение эффективности нового ТП в условиях реального производства. Добившись значительного повышения производительности оборудования, получить детали в металле.
- Формирование критериев оценки эффективности предлагаемых технологических решений. И в дальнейшем, уже на их основе — формирование методики цифровой

трансформации производственных компетенций всего предприятия.

Описание типовой ситуации:

Привычная скорость съёма металла для алюминиевых деталей в известных примерах предприятий авиапрома и автопрома составляет **1...3 г/минуту на 1 кВт** мощности шпинделя, стальных деталей — **1...5 г/минуту на 1 кВт** (так тоже бывает!).

Параметры НДТ, рекомендуемые станкостроителями и инструментальщиками для станков с мощностью шпинделя 30 кВт, — съём **3...6 кг/минуту**, или **0,1...0,2 кг на кВт** в минуту! Что в сто раз превышает сложившуюся практику, игнорирующую снижение сил резания при росте производительности (см. «кривая Соломона»). Ресурс оборудования при этом не страдает, поскольку нагрузка на приводы станка и шпиндель не превышает 50% максимально допустимой. В объёмных показателях на станках средней мощности съём может достигать 180...200 кг/час, а в некоторых случаях и до 400 кг/час (по алюминию).

Для достижения таких показателей не обойтись не только без современного оборудования и специализированного режущего инструмента, но и без соответствующего инструмента инженера-технолога — САМ-системы с поддержкой функций высокоскоростной и высокоэффективной обработки.

Программный комплекс ADEM–VX — 2020 — российское инженерное ПО, разрабатываемое специалистами, обладающими уникальными компетенциями. Позволяет быстро, с рекордной гибкостью и низкой стоимостью проводить в цифре конструкторско-технологическую подготовку производства, чтобы во много раз повысить производительность механической обработки и многократно ускорить как появление первой детали, так и серийное производство.

По опыту специалистов группы компаний ADEM, удалось достигать следующих показателей: в обработке деталей из типовых конструкционных сталей — съём до 250...300 кг/час; при обработке деталей из спецсплавов — съём 20–30 кг/час в сравнении с рекомендованными НИИТ 6 кг/час.

Для большинства деталей (до 80%), техпроцесс токарной и фрезерной обработки может быть сгенерирован комплексом ADEM–VX в автоматическом режиме, с формированием всех параметров ТП — формирование технологических переходов, их последующее оснащение режущим и мерительным инструментом, назначение режимов и т.д. с незамедлительной выдачей «цифрового» техпроцесса.

Учитывая инновационный, целевой характер предлагаемого подхода, введение научно обоснованной измеримости

в процессы обработки для достижения уровня НДТ, более корректно этот новый процесс будет обозначить новым термином «нюинжиниринг».

Специалисты ГК ADEM уверены в высоком качестве технических решений, реализованных в программном комплексе ADEM-VX: он позволяет автоматически сформировать наиболее стабильный и эффективный процесс обработки резанием на станках с ЧПУ. В противовес шаблонному подходу, характерному для зарубежных систем, в российской системе на порядок больше функциональных параметров, которыми может управлять квалифицированный технолог при разработке стратегии обработки, чтобы наиболее выгодно использовать особенности конкретного станка и инструмента, особенности их геометрических и кинематических характеристик.

Широкое применение программного комплекса ADEM-VX при изготовлении деталей на станках с ЧПУ может быть рассмотрено как основа для поточного создания цифровых двойников деталей с компетенциями и параметрами на уровне НДТ.

Ньюинжиниринг механообработки позволяет в любой отрасли, на любом конкретном станке и для любой детали за один заход многократно превысить целевые показатели производительности труда, сформулированные в национальном проекте. Это позволяет, за счет применения отечественного ПО, многократно снизить инвестиционный голод нашей обрабатывающей промышленности; довести темп окупаемого обновления оборудования до уровня мировых стандартов; минимум на 20–30% снизить себестоимость конечных изделий; создать тысячи высокотехнологичных рабочих мест с достойной зарплатой для всех участников: конструкторов, технологов, рабочих — без существенных инвестиций.

Мы предлагаем вкладываться не в новые заводские корпуса и станки, а в компетенции, что позволит не только

многократно увеличить выпуск промышленной продукции, но и сделать это наиболее эффективно и быстро. И по большому счёту — на существующих производственных мощностях осуществить полноценную реиндустриализацию для масштабного импортозамещения и диверсификации. Это, в принципе, за срок в несколько лет позволит вернуть машиностроению РФ второе-третье место в мире и заместить его продукцией экспорт энергоресурсов и другого сырья.

Например, темп производства необходимых сейчас пассажирских самолётов можно увеличить в 10 раз без существенных инвестиций. Резонно ожидать, что и себестоимость каждого экземпляра уменьшится на несколько сот миллионов рублей.

Показательны примеры реинжиниринга, реализованные на отечественных предприятиях. Примеры выполненных работ:

На площадке ОАО «НАПО им. В. П. Чкалова» показано — применение CAM-модуля системы ADEM позволяет (рис. 1):

- сократить время обработки детали приблизительно в 2,2 раза;
- практически полностью избежать трудоёмкой слесарной доработки изделия за счёт повышения точности обработки;
- сократить расходы на инструмент — как за счёт повышения периода стойкости инструмента, так и за счёт оптимизации стратегии обработки.

Предприятие «Малая механика» (ПАО «Ижорские заводы») — время изготовления патрубков энергетического реактора было сокращено (рис. 2):

- для детали XXX.08.203 с 14 часов до 1 часа 40 минут — в 8,4 раза;

Интегрированная **CAD/CAM/CAPP/PDM-система** ADEM для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Единый программный комплекс, в состав которого входят модули для объёмного 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" 23–27 мая, г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»,
пав. 2, стенд № 21B60

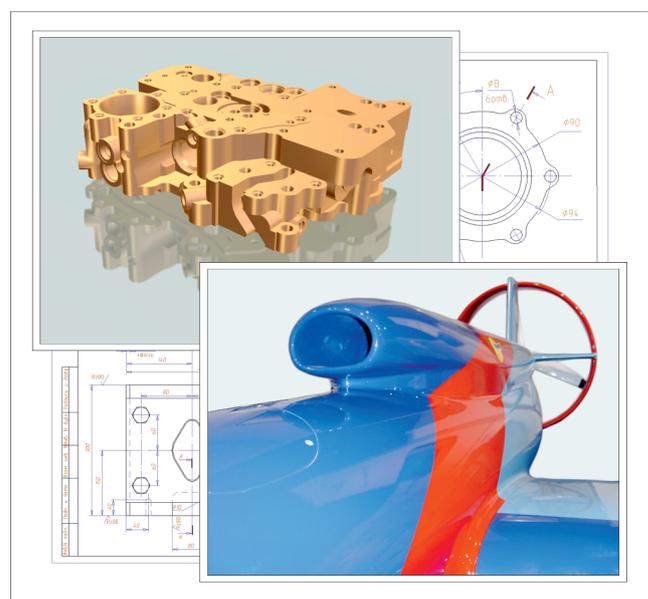




Рис. 1

- для детали ХХХ.02.206 с 9,5 часов до 1 часа 10 минут — в 8,1 раза.

НИАТ — технологи ГК АДЕМ разработали уникальную технологию обработки поверхностей лопаток ГТД, которая позволяла:

- сократить время чистового фрезерования на 15...20%;
- исключить последующие операции шлифовки поверхностей пера лопатки и слесарной обработки.

Центр цифровой трансформации ПАО «КАМАЗ» (оптимизации контрактной технологии изготовления серийной детали — **рис. 3**) — время фрезерования удалось уменьшить в 2,5 раза, при модернизации оснастки — до 5 раз. Это позволяет радикально улучшить экономику обработки, окупить станок за 1 млн евро менее чем за 3 года — даже при условии, что цена серийных деталей автопрома не может быть высокой, для обработки поковки — 235 руб/кг.

Полученные результаты закономерны, поскольку основаны на более чем тридцатилетнем опыте российских



Рис.3

Таблица 1. Лучшие практики для стали

Скорость съема с 1 кВт на шпинделе, см ³ /мин	кг/мин для 20 кВт	
Фрезерование	26–29	4–4,5
Токарная обработка	15–25	2–4
Сверление отверстий	5–27	0,8–4



Рис. 2

инженеров и программистов, выходцев из предприятий ОПК, на компетенциях в области разработки и применения программного комплекса АДЕМ и пригодны для тиражирования.

Для реализации поставленных задач необходима разносторонняя поддержка на каждом этапе:

- Постановка жёстких целей по достижению уровня НДТ для предприятий с госучастием и тех, которым оказывается господдержка.

- Содействие в организации интенсивной подготовки и переподготовки кадров на базе технических университетов, их инженерных школ. Совместно с учебными центрами предприятий — овладение технологией создания цифровых двойников техпроцессов (на сегодняшний день опыт уже имеется у КАМАЗа и КАИ). Реинжиниринг нужен предприятиям машиностроения с объёмом производства 5 трлн руб. Опыт показывает, что на 100 млрд руб. выручки нужен один цифровой технолог, итого — в масштабах страны есть потребность подготовки 500 высококлассных специалистов, для этого достаточно 2–3 квартала.

- Лучший критерий истины — практика. Необходимо провести массовый аудит производительности резания на имеющемся оборудовании, опираясь на данные из **таблицы 1**; рассчитать истинный уровень загрузки оборудования, исходя из возможности работы 20 смен в неделю с перекрытием перерывов — 8760 часов в год.

- Профинансировать проведение пилотных проектов с участием специалистов группы компаний АДЕМ и участников интенсивного обучения реинжинирингу.

- Жёстко отследить достижение параметров НДТ, производственные и экономические результаты проведения реинжиниринга, тиражировать опыт.

- Во многих случаях, пока не будет завершены разработка и сертификация новых изделий, могут возникнуть проблемы сокращённого рабочего дня, неполная занятость. Потребуется развитие широкой кооперации предприятий и корректировка законодательной базы, чтобы ничто не могло помешать воплощению в практику «закона экономии рабочего времени» и бизнес-модели быстрореагирующего производства.

Борис Михайлович Морозов,
заслуженный машиностроитель РТ,
руководитель Аналитической службы ПАО «КАМАЗ»

ЛИНЕЙКА ОБОРУДОВАНИЯ VALIANT ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ FICER:

НОВАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ С ЧПУ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ — ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ



Valiant — это новая сверлильная линия Ficer, способная выполнять сложные высокопроизводительные операции сверления, фрезеровки и гравировки как самостоятельно, так и в комбинации с ленточнопильной машиной или роботом. Эта возможность обеспечивает еще более высокую производительность и сокращает производственный цикл.

Valiant наследует все сильные стороны сверлильных машин Ficer и обладает дополнительными технологическими усовершенствованиями. Данная линия имеет жесткую сварную стальную структуру, которая гарантирует целостность и стабильность, оставаясь в то же время достаточно подвижной, чтобы обеспечивать высокую скорость обработки.

В сравнении с существующими моделями эта машина обладает множеством инноваций, среди которых — продвинутая система зажима заготовки, новая система блокировки с двумя независимыми прижимными роликами, позволяющими производить все операции обработки в верхней и нижней части балки.

Valiant — это массивная машина, способная обрабатывать крупные заготовки, используемые в строительстве гражданских и промышленных объектов.

Шпиндели, специально разработанные компанией Ficer, идеально подходят для выполнения упомянутых задач по силе и крутящему моменту.

Среди других преимуществ машины — вспомогательные оси для каждой головки, что позволяет производить множество операций, таких как специальная фрезеровка и технологический вырез под сварку без передвижения балки.

Данный тип операций обычно выполняется при помощи технологии кислородной резки на машинах другого типа. Теперь тот же комплекс операций может быть осуществлен

благодаря удалению стружки специальным инструментом и особым программным циклам, интегрированным в машину.

Возможность расположить балку и произвести все операции обработки без дополнительных передвижений позволяет выиграть время и увеличить точность благодаря одновременным процессам обработки.

Кроме этого, машина Valiant может быть оборудована автоматической системой смены инструмента до 14 позиций для каждой головки. Такое значительное увеличение количества доступных инструментов позволяет выполнять все необходимые операции при обработке балки (сверление, фрезеровка, гравировка и т.д.).

Все эти факторы создают высокую производительность и существенно сокращают время рабочих циклов.

Данная машина содержит множество технологических решений и инноваций, имеет числовое управление, что также дает ей многочисленные преимущества.

Главным из них является возможность менять функциональные возможности машины и добавлять специальные программы.

Машина оснащена программным обеспечением, характерным для всех современных линий Ficer, и имеет ряд функций, активированных в соответствии с предназначением оборудования.

FICER S.P.A.
Via Matteotti nr. 21
21045 Gazzada Schianno
Varese — Italia
Тел.: +39 0332 876 111
Факс +39 0332 462 459
E-mail: ficer@ficer.it
www.ficergroup.it

ООО «МЕТАЛФОРМЕ»
Россия, 127051, г. Москва,
ул. Петровка, д. 20/1, оф. 36
Тел. +7 499 444 2624
E-mail: pmcm@mail.ru



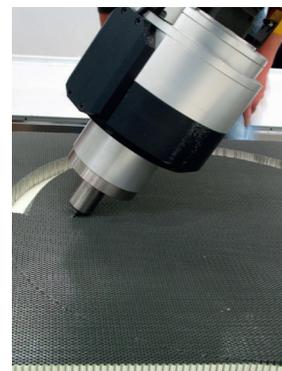
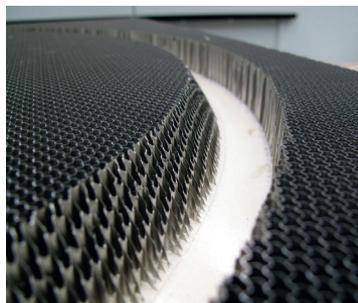
ОБРАБОТКА СОТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Эффективная обработка сот — непростая задача, требующая использования двух технологий: фрезерования и ультразвуковой обработки.

Партнер компании «Пумори-северо-запад», итальянский производитель оборудования для композитных материалов компания CMS предлагает 5-осевые станки с самым современным решением для обработки сотовых и сердечниковых материалов, где фрезеровательные инструменты и ультразвуковые ножи сменяются автоматически в непрерывном процессе без какого-либо вмешательства оператора.

Преимущества для производства:

- Две технологии в одном станке: меньшие вложения, отсутствие перемещения деталей, повышение производительности.
- Сокращение времени цикла на 65% благодаря полностью автоматическому переключению между 5-осевым фрезерным станком и 5-осевым ультразвуковым станком.



- Специальный магазин для ультразвуковых инструментов с лазерной системой для микрометрической автоматической центровки лезвий.

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

СИСТЕМНАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Курс на обновление производства, на увеличение его эффективности, на поиск новых резервов для повышения производительности, конкурентоспособности предприятия — это острая необходимость сегодняшнего дня! Первоочередными становятся вопросы трансформации производства в цифровое для оперативного контроля и гибкого управления ресурсами, затратами, производственными и технологическими процессами.

Хотите знать ответы на вопросы: как обеспечить прозрачность и предсказуемость работы оборудования и сотрудников, как собирать объективные данные о всех интересующих вас производственных процессах, как контролировать и управлять производством точно и оперативно? Это вполне возможно!

В этом российским промышленникам помогает отечественный IT-продукт АИС «Диспетчер» — комплексная система мониторинга и диспетчеризации, служащая для предотвращения нарушений технологического процесса, повышения производительности труда и поддержания работоспособности производственного оборудования.

Конечно, разработка таких систем всегда ведется индивидуально и их внедрение должно осуществляться профессионалами-интеграторами. Ярким примером такой компании является «Пумори-инжиниринг инвест» — эксперт по решению задач машиностроительных предприятий. Специалисты отдела инжиниринговых проектов «Пумори-инжиниринг инвест» ежегодно внедряют такие решения на десятках, а то и сотнях рабочих мест. Главное, что они



делают, — это разработка, программирование, запуск в работу и обслуживание всего комплекса оборудования, инструментов, софта, включенного в единую производственную систему.

«Пумори-инжиниринг инвест» имеет богатый многолетний опыт в направлении технологического инжиниринга, сотрудничает с лидерами в области производства станков и инструмента, периферийного оборудования, разработчиками программных продуктов. Компания представляет собой инжиниринговый центр с командой высококлассных специалистов, способных творчески и эффективно решать нестандартные задачи. Обратитесь к нам и получите консультацию по применимости такой системы на вашем предприятии. Мы поможем заложить фундамент для повышения эффективности, конкурентоспособности и прибыльности вашего производства!

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

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ СТАНКИ СОВМЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Компания «Урал-инструмент-Пумори» более 28 лет активно работает в сфере внедрения инженеринговых решений, новейших технологий, инструмента и оборудования в сфере машиностроения и металлообработки.

Одно из направлений работы — сотрудничество с индийской компанией ACE Micromatic Group. С 2007 года «Урал-инструмент-Пумори» является эксклюзивным дилером ее продукции на территории РФ, а с 2013 года осуществляет сборку станков на территории Пермского края.

Наличие собственных инженерно-технических разработок и литейных мощностей позволяет производственной группе AMG-УиП поддерживать высокий темп производительности. Помимо модернизации существующих моделей (например, в 2021 г. было улучшено 11 параметров популярной модели токарного центра ЛТ-200) заказчикам предлагаются новые модели станков, актуальные версии программного обеспечения, а также решения, направленные на автоматизацию производственного процесса, повышение качества изготавливаемой продукции и снижение себестоимости.

«Настоящие партнерские отношения позволяют найти компромиссные решения даже в нестандартных ситуациях, таких, которые мы наблюдаем в последнее время. Доверительная и надежная работа в команде вышла на

первый план», — подчеркивает Тимофей Кузьминых, заместитель директора.

Учитывая меняющиеся условия работы современного рынка технологичных товаров, постоянный рост цен на сырье и комплектующие, увеличившиеся сроки и стоимость логистики, покупка станка из наличия — самое верное решение для инвестиций в производство.

Компания «Урал-инструмент-Пумори» продолжает реализовывать складскую программу по наиболее востребованным станкам для оперативного решения производственных и коммерческих задач наших заказчиков.

ООО «Урал-инструмент-Пумори»
614014, г. Пермь, ул. 1905 года, 35, корп. 1
+7 (342) 215-45-18, <http://www.uipumori.ru>, info@uipumori.ru



Успейте забронировать станок прямо сейчас и гарантированно получите фиксированную цену и кратчайшие сроки ввода в эксплуатацию!



PUMORI ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Уральский завод инструментальных систем (входит в корпорацию «Пумори») является единственным в России производителем сложного вспомогательного инструмента и оснастки для станочного оборудования. Продукция производится под брендом PUMORI и полностью соответствует всем мировым стандартам по качеству сборки, по точности и короткому сроку доставки благодаря производству в России. Производство и склад расположены в Екатеринбурге.

Наша гордость — производство модульных расточных систем. Расточные системы PUMORI используются для чернового либо чистового растачивания отверстий, обработки различных диаметров, глубокого растачивания, обратного растачивания, а также на-

ружного точения. Инструмент предназначен для оснащения фрезерных станков, обрабатывающих центров и специализированного оборудования.

В номенклатуре предлагаемой линейки имеется универсальный набор хвостовиков под различные типы шпинделей и модулей — оправок, переходников, поперечин, крепежных элементов, сменных блоков, резцов и т.д. Это позволяет собрать систему для обработки отверстий в широком диапазоне диаметров: 28...840 мм для черновой

и 6...800 мм для чистовой обработки. Все виды расточных систем изготовлены в соответствии со стандартом ISO 9001, отличаются высоким качеством, надежностью и удобством при эксплуатации.

Цифровизация и внедрение современных технологий требуют постоянного совершенствования расточных систем. Так появилась инновационная электронная расточная система PUMORI для чистовой обработки. Ее уникальность в том, что внутри самой головки расположены оптическая линейка и датчик, контакты которого выходят на пылевлагозащищенный разъем. Вся электроника расположена в выносном пульте. Таким образом, перед настройкой головки пульт устанавливается в разъем и фиксируется при помощи встроенных магнитов. Вращая лимб и перемещая ползун, мы можем по табло пульта отслеживать фактическое перемещение ползуна с резцом с точностью 1 мкм на диаметр. Вынос электроники за пределы головки позволяет избежать дополнительной балансировки головки, мер по ее пылевлагозащите; головка сохраняет высокую устойчивость к сотрясениям. Кроме того, одного пульта достаточно для настройки всех имеющихся в наличии электронных головок.

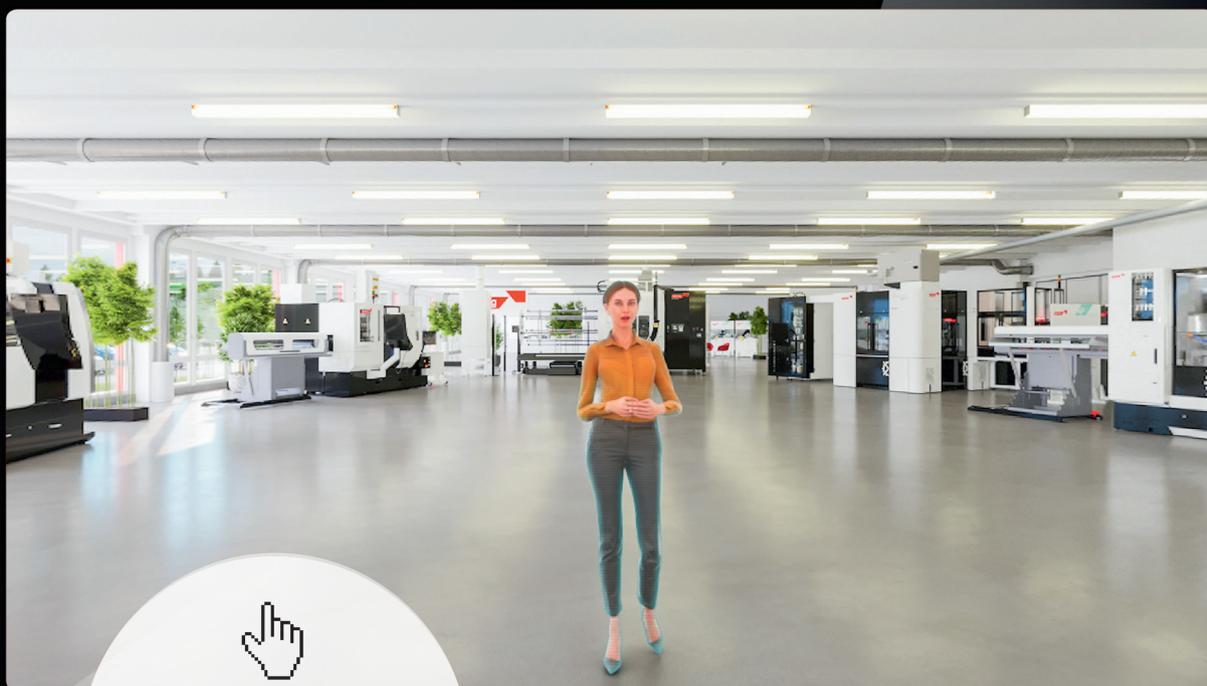
ООО «Техтрейд» (входит в корпорацию «Пумори») является дистрибьютором инструмента PUMORI на территории РФ и СНГ.

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

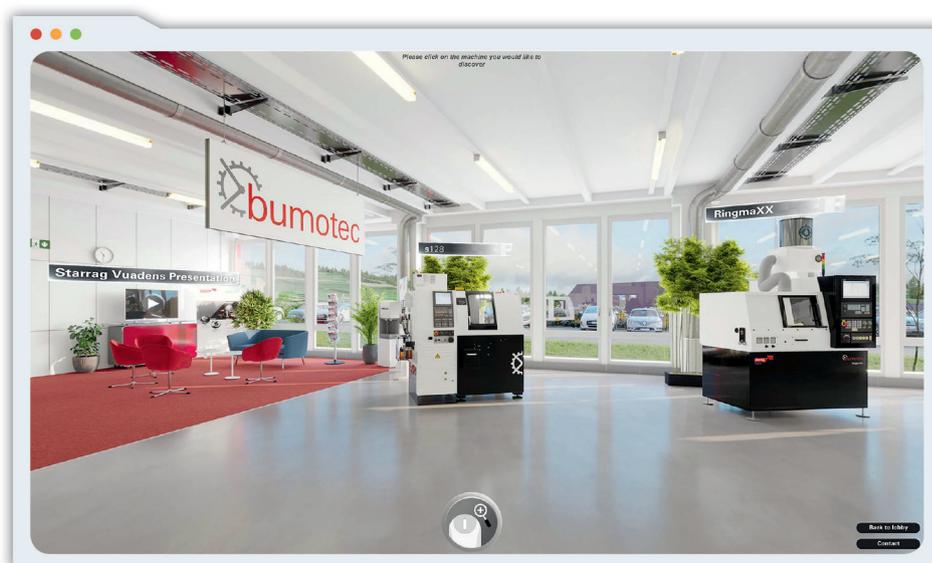


Приглашаем посетить стенд корпорации «Пумори»
на выставке «Металлообработка»: г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»
павильон 2-2, стенд 22D20 с 23 по 27 мая 2022 г.

Виртуальный шоурум Starrag в Вуаденсе

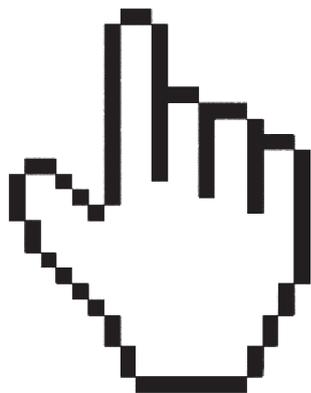


Прямо на входе в виртуальное пространство шоурума вас встречает Анжела, которая прекрасно ориентируется в данном помещении и в деталях знает каждый станок, представленный в демонстрационном зале.



Цифровизация и моделирование стали ключевыми словами в сегодняшней коммуникации. Эта тенденция начала развиваться уже несколько лет назад, но в связи с глобальной ситуацией по пандемии коронавируса она значительно ускорилась за последние полтора года. Личные контакты, деловые встречи и презентации продукции превратились в онлайн-встречи у экранов. Выставки и другие мероприятия, определявшие ритм годового цикла, неоднократно переносились или вовсе отменялись.

<https://showroomvud.starrag.com>



У большинства компаний есть веб-сайт, канал на YouTube, аккаунт в LinkedIn, Facebook, Instagram и других социальных сетях, но мы хотели пойти еще дальше. Нам хотелось предложить посетителям наших стендов на выставках, подписчикам в социальных сетях, заинтересованным лицам из мира обрабатывающих центров совершенно новый опыт, позволить почувствовать дух открытия и желание узнать больше. При этом нам хотелось дать им возможность узнать о решениях в точном соответствии с их потребностями и одновременно получить полное представление о нашем ассортименте продукции и наших возможностях в обработке сложных деталей в контексте их отрасли. Итогом стало создание виртуального демонстрационного зала Starrag в Вуаденсе.

Прямо на входе в виртуальное пространство шоурума вас встречает Анжела, которая прекрасно ориентируется в данном помещении и в деталях знает каждый станок, представленный в демонстрационном зале. Если вы уже бывали на нашей производственной площадке в Вуаденсе, вы сразу узнаете ее характерную архитектуру и удивитесь тому, как много станков установлено в шоуруме. Если это ваш первый визит, вы сможете осмотреть помещение, специально предназначенное для производства сложных деталей, которые изготавливаются с высокой точностью из материалов, которые иногда очень трудно поддаются механической обработке.

В любом случае, вы найдете много информации о наших обрабатывающих центрах.

ОБОРУДОВАНИЕ

Посмотрите как можно больше демонстрационных приложений (в настоящее время доступно 31), чтобы найти оптимальное решение для ваших требований. Следующий шаг — связаться с одним из наших специалистов, чтобы перейти из виртуального мира в реальный. Это даст вам возможность ознакомиться с более чем 60 типичными вариантами применения, и мы сможем учесть ваши индивидуальные требования. Наша цель: сопровождать вас в поиске оптимальных решений во всех аспектах, чтобы вы могли производить свои детали эффективно и безопасно — ведь это решающие факторы для высокой производительности, а значит, и для стабильного развития вашего бизнеса.

После выбора актуальной для вас области знаний Анжела направит вас прямо к тем объектам в выставочном зале, которые должны вызвать ваше

любопытство. Для экспертов в мире роскоши наш ассортимент станков предлагает идеальные решения, в особенности для различных деталей часов или ювелирных изделий. Наши инженеры хорошо знакомы с обработкой звеньев браслетов, деталей механизмов и циферблатов, а также колец, обручальных колец, браслетов, подвесок или застежек для изделий из кожи.

Если вы работаете в сфере медицинских технологий, вас наверняка приятно удивят возможности, предлагаемые нашими решениями для производства ортопедических имплантатов, хирургических инструментов и стоматологических компонентов как для средних и крупных партий, так и для прототипов в рамках исследований и разработок.

Для специалистов в области аэрокосмической промышленности

или общей микромеханики точность имеет первостепенное значение, поскольку в этой области отклонение всего на микрометр — это уже серьезное отклонение. Стабильность производственных инструментов здесь решающий фактор, и все эксперты в этой области применения придают ей самое большое значение. Обрабатывающие центры Vumotec обладают уникальными техническими характеристиками, которые позволяют выполнять все этапы, необходимые для очень сложных производственных процессов, таких как фрезерование, шлифование, глубокое сверление, зубофрезерование, удаление заусенцев или снятие фасок с высочайшей точностью и уникальной повторяемостью.

Для координатно-расточных станков SIP было выделено специальное помещение, где мы демонстрируем наши возможности в области бескомпромиссной



Наши инженеры разработали ряд станков, которые могут обеспечить решения для большинства требований различных рынков.



Посмотрите как можно больше демонстрационных приложений (в настоящее время доступно 31), чтобы найти оптимальное решение для ваших требований.

сверхточности. Обрабатывающие центры SIP пользуются первоклассной репутацией во всем мире благодаря своей высочайшей производительности и долговременной точности. За почти 160 лет своего существования координатно-расточные станки SIP убедительно доказали, что точность — это результат ноу-хау на основе многолетнего опыта. Если вы хотите узнать, как можно достичь точности до последнего микрометра, посетите секцию SIP в шоуруме в Вуаденсе.

Но как можно предложить превосходное качество в столь разных областях и удовлетворить столь разнообразные ожидания?

Эти требования всегда касаются производственных затрат, точности, качества обработки поверхности, стабильности производственного процесса и автономности.

Наши инженеры разработали ряд станков, которые могут обеспечить решения для большинства требований различных рынков. Эти требования всегда касаются производственных затрат, точности, качества обработки поверхности, стабильности производственного процесса и автономности. Наши двадцать с лишним специалистов по применению знают, как использовать наши обрабатывающие центры, чтобы полностью оправдать ваши ожидания в повседневной работе.

Посетите наш демонстрационный зал в Вуаденсе по ссылке <https://showroomvud.starrag.com>. Внимательно осмотрите каждую область. Послушайте комментарии Анжелы, пока она ведет вас по выставке станков, выберите видеоролики по различным сферам применения нашего оборудования, которые вас особенно заинтересовали, и сообщите нам о своих ожиданиях относительно текущих и будущих проектов. Мы с нетерпением ждем встречи с вами!



ООО «Штарраг РУ»
 Московское представительство общества «Штарраг АГ» (Швейцария)
 Ул. Б. Новодмитровская, 23, стр. 3
 Россия, 127015, г. Москва
 Тел.: + 7 495 269 80 41
 Факс: + 7 495 269 80 43
info-russia@starrag.com
www.starrag.com

В самом начале 2022 года компания METAL MASTER предложила российскому рынку металлообрабатывающего оборудования собственный ассортиментный портфель станков электроэрозионной обработки металла.

Новая линейка эрозионного оборудования Metal Master включила в себя все популярные типы станков этой группы:

- Электроэрозионные проволочно-вырезные станки
- Электроэрозионные копировально-прошивные станки
- Супердрели

Электроэрозионная резка металла – современный метод обработки материала молибденовой проволокой. Принцип обработки заключается в использовании электрических зарядов, возникающих между материалом и электродом. Этот способ незаменим при изготовлении широкого спектра деталей из прочных сталей и тугоплавких металлов. В ряде случаев электроэрозионная обработка не имеет технологических альтернатив, значительно превосходя по точности и экономической эффективности традиционную механическую обработку на типовом оборудовании.

Электроэрозионная резка металла основывается на естественных физических свойствах самого металла.

Процесс обработки состоит из следующих этапов:

- электрический ток, вырабатываемый генератором, поступает на молибденовую проволоку;
- металл выжигается посредством ионных разрядов, возникающих в проволоке, и охлаждается СОЖ.

Для достижения максимальной точности выполнения обработки заготовка перемещается с помощью стола, управляемого ЧПУ. В случае с эрозионной резкой отсутствует необходимость использования твердых обрабатывающих инструментов и отсутствует зависимость скорости протекания процесса от механических свойств металла.

«При разработке станков электроэрозионной группы компания Metal Master изучила все наиболее передовые тенденции рынка подобного оборудования.

В штат компании были приглашены инженеры, более десятка лет работавшие на рынке станков эрозионной обработки, — рассказывает Евгений Ильин, коммерческий директор компании Metal Master. — Это позволило нам выпустить на рынок качественное оборудование, обеспечивающее максимальную точность обработки для станков подобного класса. Электроэрозионные станки Metal Master просты в эксплуатации и обслуживании, экономичны и, что немаловажно, рассчитаны на длительный срок эксплуатации».

«Покупка электроэрозионного станка максимально выгодна с экономической точки зрения. Использование одной единицы эрозионного оборудования позволяет избавить клиента от покупки целого парка обычных станков, таких как фрезерные, токарные и шлифовальные. Сама же стоимость процесса обработки металла на эрозионных станках Metal Master значительно ниже цены традиционной механической обработ-

ки, — продолжает Евгений. — Все это вкупе с ювелирной точностью обработки материала делает наше оборудование незаменимым на любом производстве».

«Если рассматривать проволочно-вырезной станок Metal Master DK77 DRO, то в нем мы получили отображение нашего видения идеального станка электроэрозионной резки металла. Наши технические компетенции позволили собрать в техническом задании для нашей производственной площадки оптимальный набор требуемых рынку характеристик. Как итог — первые станки мы продали еще на стадии производства, — отмечает Евгений».

«Мы уверены, что наши станки электроэрозионной резки, как и все оборудование Metal Master, займут свое значительное место на российском рынке металлообработки, а наши покупатели получат идеальное решение для своих задач», — подводит итог Евгений.



ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЙ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНОЙ СТАНОК METAL MASTER DK77 DRO

**METAL
MASTER** 

- **Обработка токопроводящих материалов любой твердости**
- **Отсутствие термического и механического влияния на структуру металла**
- **Максимальная скорость реза до 160 мм²/мин**
- **Шероховатость получаемой детали до 0,8 Ra**

**Современные технологии,
доступные каждому**

Суперновинка 2022 года



Электроэрозионные проволочно-вырезные станки Metal Master DK77 DRO предназначены для вырезания металлических деталей сложной формы из любых токопроводящих материалов, в том числе, из твердых сплавов, трудно поддающихся механической обработке, способом вырывания частиц с поверхности металла импульсом электрического разряда.

Особенности станков:

- Обработка токопроводящих материалов любой твердости
- Отсутствие стружки
- Отсутствие термического и механического влияния на структуру металла
- Минимальная толщина резки от 0,2 мм
- Максимальная толщина резки до 600 мм
- Максимальная скорость реза до 160 мм²/мин
- Шероховатость получаемой детали до 0,8 Ra
- Точность реза 0,015 мм
- Управляющая программа AutoCut WEDM и Wire Cut на русском языке
- Надежные шаговые двигатели по всем осям (X, Y, U, V)
- Высокоточные направляющие и ШВП
- Бак СОЖ высокого давления с фильтром очистки
- Беспроводной пульт управления станком
- Высокоскоростной проволочный барабан для перемотки проволоки-электрода

Электроэрозионные проволочно-вырезные станки Metal Master DK77 DRO — лучший выбор профессионала при подборе станка для малого, среднего и большого промышленного производства.

По всем возникающим вопросам вы можете обращаться по телефону: 8 (800) 775 78 34

www.metalmaster.ru

ГДЕ ПУБЛИКОВАТЬ НАУЧНЫЕ СТАТЬИ?

С 2019 года по инициативе Минобрнауки России основными критериями эффективности работы ученых, вузов, научных учреждений было число публикаций в международных библиографических и реферативных базах Web of Science (владелец — независимая компания Clarivate Analytics, США) и Scopus (владелец — издательский дом Elsevier, Нидерланды), а также индекс цитируемости размещенных материалов. То есть для того, чтобы получить ученую степень или подтвердить свой научный статус, требовалось не только выполнить исследование или проект, описать его, но и подготовить/заказать перевод статей, зачастую оплатить существенную сумму за размещение их в аккредитованных журналах или сборниках конференций. При этом очевидно, что такое положение дел в инженерных направлениях не только отвлекало время и средства, но позволяло осуществлять извне мониторинг российских разработок, действовать на опережение при патентовании, возвращать нам наши же решения в виде комплексных поставок оборудования и технологий за счет более быстрой системы внедрений, способствовало оттоку кадров.

21 марта 2022 года правительство России на фоне известных событий, в которые вовлечены США и Нидерланды, согласилось с предложением Минобрнауки России приостановить в этом году учет индексации публикаций российских ученых в международных базах данных и участия в зарубежных научных конференциях.

«Необходимо переосмыслить работу на данном этапе и обеспечить поддержку российских научных изданий, а также снизить удельный вес библиометрических и наукометрических показателей в оценке научных коллективов, которые занимаются фундаментальными, прикладными и социогуманитарными исследованиями, — заявил министр

науки и высшего образования РФ Валерий Фальков. — Мы не призываем отказываться от публикаций в изданиях Web of Science и Scopus. Россия должна оставаться на фронтире мировой науки. Но нам нужно исходить из наших национальных интересов».

Эксперты уже начали обсуждать создание национальной системы оценки результативности научных исследований и разработок. Редакция журнала «РИТМ машиностроения» также решила провести опрос среди специалистов станкоинструментальной и сварочной отраслей, для которых важно не только развитие фундаментальных аспектов и рейтинговые оценки, но и эффективное внедрение разработок в отечественное производство, организация преемственности знаний при подготовке кадров, передача опыта.

К обсуждению были предложены следующие вопросы:

1. Насколько механизм, действовавший ранее, был эффективен для продвижения отечественной научной мысли и внедрения инновационных разработок?
2. Минобрнауки считает необходимым предложить принципиально новые показатели, индикаторы и оценки исследовательской деятельности. Что это могут быть за показатели и индикаторы?
3. Как вам видятся инструменты юридического закрепления научного результата?
4. Как вам видятся причины патентной пассивности российских разработчиков?
5. На каких платформах должна основываться новая система — отечественных или международных? Какова может быть роль государства в интеграции в систему существующих информационных ресурсов?



Юрий Николаевич Сараев, доктор технических наук, заслуженный ветеран СО РАН, изобретатель СССР, эксперт РАН с 2021 года, эксперт РНФ с 2017 года, с 2001 года эксперт научно-технической сферы Министерства науки и технологий Российской Федерации (регистрационное свидетельство № 11313707). Член редколлегий журналов: «Сварочное производство»,

«Обработка металлов», «Машиностроение», «Актуальные проблемы в машиностроении».

Ответ на вопрос о ранее действовавшем механизме представляется как дискуссионный. Многие считают, что главным мериллом эффективности исследовательской деятельности должно быть количество статей, опубликованных в зарубежных журналах, имеющих высокие показатели научного цитирования. Следует заметить, что такой подход ничего общего с декларируемой выше целью не имеет. Ошибочно полагать, что стоит только опубликовать свою статью в одном из ведущих зарубежных изданий, и ты сразу будешь узнаваем в мировом научном сообществе. Это далеко не так, если не сказать больше — совсем не так. Анализ работ, опубликованных в зарубежных изданиях,

относящихся к области инженерных наук, показывает, что около (60–70)% — это так называемые «мусорные публикации», т.е. статьи околонуточного направления, которыми можно отчитаться за выделяемые на проведение исследований средства из бюджета Российской Федерации. Тем не менее именно такими статьями отчитывались и продолжают отчитываться их авторы в качестве индикаторов своей исследовательской деятельности.

С учетом сказанного такого рода публикации никоим образом не могли повлиять на продвижение отечественной научной мысли с целью развития отечественной науки в целом, и тем более на внедрение инновационных разработок в сфере промышленного производства России. Отмеченное направление деятельности научных и образовательных учреждений привело к весьма печальным последствиям — неоправданному, существенному сокращению научных школ, резкому сокращению (увольнению) ведущих специалистов, которые традиционно развивали классические направления ориентированных научных исследований по алгоритму: формулирование проблемы — поиск путей ее решения — выполнение исследований, направленных на развитие научных основ предметной области, — разработка макетов оборудования, опытных технологических процессов и материалов — опытно-промышленное апробирование в условиях промышленного производства — широкомасштабное освоение результатов в промышленности.

Б. Е. Патон на одной из конференций высказал такую мысль, что фундаментальные исследования должны быть

ориентированными, т.е. мотивация их выполнения должна быть продиктована потребностью реального сектора промышленного производства.

Сегодня стало особенно очевидно, что проводимая научно-техническая политика несовершенна. Требуется ее безотлагательная корректировка. Подобные высказывания звучат многократно на многочисленных конференциях, совещаниях, форумах.

Во-первых, нужно отказаться от таких показателей, как публикации в зарубежных научно-технических изданиях. Исключение могут составлять только классические направления исследований, например, математика, теоретическая физика, химия, медицина и т.п., т.е. направления, которые могут формировать международный статус российской науки и не влияют на результаты ориентированных исследований, которые могут лечь в основу инновационного развития промышленного производства России.

Во-вторых, с учетом изложенного выше нужно укрепить статус ведущих отечественных научно-технических журналов. В первую очередь тех, которые рекомендованы ВАК для опубликования результатов диссертационных исследований. Для этого необходимо укрепить издательские возможности таких журналов, обеспечив требуемое бюджетное финансирование. Способствовать тому, чтобы эти журналы стали журналами открытого доступа, а, следовательно, стали доступными для представителей отечественного промышленного производства, научных и образовательных учреждений Российской Федерации.

В-третьих, существующая система оценки уровня ученого-специалиста по так называемому индексу Хирша не в полной мере отражает уровень ученого. Имеются примеры, когда относительно молодой ученый имеет упомянутый показатель на уровне 50–60, что, на наш взгляд, является неприлично высоким и заставляет усомниться в его достоверности. Возможно, таких показателей можно достичь путем коррумпированного взаимодействия по предварительной договоренности с другими авторами? Более объективную оценку деятельности ученого может дать не так давно введенный показатель «процентиль», который указывает область науки, в которой автор публикует свои труды. Так, например, анализируя список победителей конкурсов РФФИ 2022 года по отрасли знаний «Инженерные науки», становится понятным, что примерно 70–80% руководителей поддержанных проектов имеют процентиль от 3–4 и ниже. Справочно: максимальное значение процентиль равно 1. Тем не менее индекс Хирша таких руководителей составляет от 20 и выше (средний показатель большей части ученых составляет от 13–14% до 19–21%), что, на наш взгляд, не отражает реальный уровень исследователя, но засчитывается при осуществлении конкурсных процедур.

В-четвертых, необходимо ввести в число показателей эффективности деятельности ученого количество разработок, внедренных в сфере реального промышленного производства. Реализация такого предложения может стать мотивировочным фактором при оценке эффективности научных исследований, направленных на внедрение инновационного потенциала научных и образовательных учреждений, что особенно важно в нынешних условиях нарастающего санкционного давления со стороны недружественных России стран.

Перечисленные выше показатели должны лечь в основу контрактов, заключаемых с учеными сроком максимум до 3 лет. Более длительный срок делает работу ученого

более неопределенной. Появляется много возможностей для неких фантазийных оценок его деятельности. Главным критерием деятельности ученого в условиях санкционного давления должны стать его нацеленность на результат, который может быть применен в условиях промышленного производства, стать основой для производства импортозамещающей продукции и инновационного развития предприятия.

Патентная пассивность связана в большей степени с отсутствием условий заинтересованности ученого. В последнее время (после окончания эпохи СССР) в связи с введением в стране рыночных отношений, изобретательская деятельность перестала быть престижной. Были введены пошлины за подачу заявки на изобретение, плата за поддержание патента в охраноспособной силе. При этом бюджетным учреждениям не выделялись дополнительные субсидии на осуществление своей деятельности по регистрации и поддержанию РИД (результатов интеллектуальной деятельности).

Нужно принципиальным образом изменить существующее положение. Необходимо организовать систему, стимулирующую изобретательскую деятельность, вернуть практику стимулирования изобретателей за каждый получаемый патент. Если патент получен при выполнении государственного задания, считать его государственной собственностью, которой государство может распорядиться по собственному усмотрению, передавая его для реализации на предприятия государственной значимости. При этом необходимо организовать материальное стимулирование авторов патентов на каждом этапе творческого процесса: получение патента — передача его заинтересованным государственным и частным компаниям для внедрения, предусмотрев ежегодные отчисления от его использования в производстве. Необходимо вернуть звания «Изобретатель» и «Заслуженный изобретатель России» с целью моральной поддержки отдельных изобретателей, внесших наибольший вклад в показатели РИД, званий, направленных на поддержание высокого статуса российских ученых.

Если говорить о платформах, на которых должна основываться новая система, то в настоящее время нужно сосредоточиться на поддержке отечественных информационных ресурсов. Например, в elibrary хорошо представлен российский индекс научного цитирования. Надо стремиться к тому, чтобы ведущие наукометрические базы мира были представлены в российском информационном поле. В разные годы из-за отсутствия защиты интеллектуальной собственности российских ученых, многие изобретения стали легкой добычей крупных зарубежных компаний. Трудно высказываться за реальное положение дел о всех возможных направлениях исследовательской деятельности российских ученых, но по направлению «Сварка, родственные процессы и технологии» многими зарубежными компаниями были заимствованы технологические решения, защищенные авторскими свидетельствами СССР, реализованные позже в сварочном оборудовании и поставляемые до настоящего времени в Российскую Федерацию. Это пример отсутствия системы защиты национальных интересов на государственном уровне, включая введение плановых показателей опубликования результатов исследовательской деятельности, выполняемых за счет средств бюджета Российской Федерации, в ведущих высокорейтинговых зарубежных изданиях, что, на мой взгляд, наносит прямой вред интересам России в мировом информационном пространстве и противоречит ее государственным интересам.



Владимир Михайлович Макаров, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник НТЦ «Машиностроение» ГКС (Группа компаний «Систематика»).

Ранее действующий механизм научных публикаций нельзя признать эффективным в силу того, что ученые вынуждены были придавать гласности личные интеллекту-

альные наработки, которые с большой вероятностью использовались нашими зарубежными «партнерами» в свою пользу. И разного рода ограничения типа общеизвестных «Актов экспертизы...», прилагаемых к издаваемому материалу, существенной роли не играли в этом раскладе противоречивых интересов. Мне лично как специалисту наукоемкой прецизионной зубообработки приходилось прилагать не меньшие интеллектуальные ухищрения, чем на сами исследования, чтобы они при публикациях не стали бесплатной данью «чужому дяде» за зарубежноориентированную практику индикаторной оценки моей квалификации.

«КОЛИЧЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ ОБРАТНО ПРОПОРЦИОНАЛЬНО ПРОГРЕССУ В НАУКЕ».

Сирил Норткот Паркинсон

«Если ты умный, то почему не богатый?» — типовой ироничный вопрос последних 35...40 лет со стороны рабочего персонала и рядовых коммерсантов к вузовским специалистам и ученым разного статуса. Нужно, чтобы в промышленности достойно стимулировали привлечение аналитиков со степенью и системных специалистов, обладающих методологией научно обоснованного синтеза и анализа решений, генераторов идей и новых подходов. Сейчас, чтобы мало-мальски достаточно зарабатывать, приходится откладывать научные изыскания и заниматься карьерным продвижением через развитие в себе организаторских и менеджерских компетенций, двигаясь по традиционной должностной лестнице.

К сожалению, у нас сложилась не очень правильная российская традиция, которая заставляет быть универсалом: и дело делать, и заниматься организацией рабочей среды, и решать множество сопутствующих делу вопросов, на которые влияют факторы, от тебя не зависящие. Не нужно искать все ответы у ученых: и исследовать они должны, и готовить статьи, и печататься в изданиях, и думать о том, как же самих себя профессионально оценивать, и наукой управлять... Ученые должны заниматься интеллектуальным поиском и разработкой инноваций.

Есть разделение труда — чиновники-управленцы, и государственная система должны создать условия для стимулирования научной деятельности. *Создавать систему оценки и мотивационные механизмы интеллектуального развития и стимулирования научной деятельности* — дело ученых. Для этого есть соответствующие «научноориентированные» службы, которым должна быть поставлена задача — «**госзаказ на ученость**» в российском обществе. Здесь в приоритете требований должны быть национальные интересы и сохранение интеллектуального

потенциала для страны с учетом специфики наших институциональных ограничений. Наше правовое поле в интеллектуальной сфере весьма нестабильно и находится еще в стадии становления. Ревизия существующих регламентов в этой тонкой сфере крайне необходима, как и формирование новых научноориентированных стандартов оценки креативно-исследовательской деятельности в РФ в связи со сложившейся внешней ситуацией. Нужно стремиться к **научному суверенитету** — так можно охарактеризовать организационные национальные требования в этой сфере.

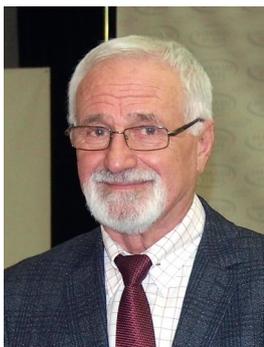
Что касается причин патентной пассивности в РФ, то они имеют неправовую дезорганизационную природу — нет обратной связи и практической отдачи от патентов и иных форм юридической фиксации авторских прав. Даже в случае оформления патентов добиться санкций за нарушения твоего авторского приоритета практически невозможно. Нужно будет забросить любимое научное дело и стать юристом с непредсказуемым результатом в длительных судебных тяжбах — а жизнь так коротка! И роль государства здесь совершенно однозначна — только государственные регламенты и национальная судебная система способны переломить сложившуюся пессимистическую практику в интеллектуально-информационной и научной сфере.

По обсуждаемой научной тематике в последнее время в научной среде возникла одна злободневная проблема — антиплагиатная, серьезно демотивирующая научную деятельность, касающаяся оформления работ. За последние 10 лет изменились требования к научным работам — ранее важнейшими были научная новизна и практическая значимость, а сейчас стали приоритетными цитирование и оформление заимствований. Причем такие требования до сих пор никак не регламентированы, но оформительские ошибки выявляются современными информационными поисковыми системами, в т.ч. **антиплагиат.ру**.

С 2013 года возник законодательный коридор различной трактовки оформительских требований и ссылок на чужие научные разработки, дающий возможность информационным специалистам по антиплагиату мониторить работы и предъявлять ВАКУ диссертации многолетней давности защит как плагиатные. Считаю, что нужно жестко регламентировать оформительские требования и учесть отсутствие строгих правил оформления обзорных разделов для научных работ 7–9 летней давности.

ВАК, не принимая во внимание известный принцип «закон обратной силы не имеет», нередко лишает ученых степеней за ошибки, допущенные соискателями 8–9 лет назад, в т.ч. при формировании обзорных разделов в своих работах (*например, забыли ссылку поставить или не уделили внимания вопросу оформления и др.*). Процедуры лишения степеней следует ужесточить по работам, защитившимся с 2011 по 2013 годы, рассматривая такие вопросы в специальных научных структурах при ВАК, не нагружая этой этически сложной дисциплинарной работой диссертационные советы.

В этом антиплагиатном вопросе следует навести порядок, прописав требования к оформлению цитирований в любых научных работах во избежание несправедливости и отторжения у соискателей желания заниматься научной деятельностью. При этом не стоит забывать и об **антиплагиат.ру** и зашитых в этой IT-среде «новых требованиях и научных приоритетах», которая сейчас негласно управляет научной деятельностью в РФ и, как следствие, инициирует непропорциональные наказания ученых за нерегламентированные нарушения.



Али Юсупович Албагачиев, доктор технических наук, заведующий отделом ИМАШ РАН, вице-президент Ассоциации инженеров-трибологов России, академик МАИ, почетный работник высшего профессионального образования.

Самым большим недостатком для продвижения отечественной научной мысли сегодня является сложное

и затратное информационное обеспечение научного сообщества. При ранее действовавшем механизме внедрение инновационных разработок осуществлялось за счет наличия ступенчатой схемы. Фундаментальными разработками занимались академические институты, конкретными (прикладными) разработками и их внедрением — отраслевые институты. Учебные институты принимали участие как в фундаментальных, так и прикладных разработках, что способствовало поддержанию высокого научного уровня как специалистов вузов, так и их выпускников. У промышленных предприятий были специальные фонды (средства), которые они могли использовать исключительно на научно-исследовательские разработки, и были просто вынуждены участвовать в них, т.к. несли материальную ответственность за их внедрение на производстве. Да и двухступенчатая подготовка в вузе, отсутствие ГПТУ и сокращение времени и мест проведения производственной и преддипломной практик не способствуют повышению качества выпускаемых специалистов, которые затем посвящают себя отечественной науке.



Глеб Андреевич Туричин, доктор технических наук, профессор, директор Института лазерных и сварочных технологий СПбГМТУ, ректор Санкт-Петербургского государственного морского технического университета.

Говоря о механизме оценки результатов научной деятельности, построенном на наукометрических показателях,

в нашем случае — на количестве публикаций, проиндексированных в базах Scopus и Web of science, хочу сказать, что ни для продвижения отечественной научной мысли, ни для внедрения результатов инновационных разработок он неэффективен от слова «совсем». Он был эффективен для увеличения количества статей, которые авторы присылают в журналы, индексируемые в этих базах, и, соответственно, для увеличения стоимости подписки на доступ к ним, так что это совершенно коммерческая история. Для реального продвижения лучше всего служит хорошо подготовленный доклад на правильной научной конференции, там и услышат, и вопросы зададут, и обсудить потом можно будет. И публикация какая-то останется, чтобы вспомнить или приоритет закрепить. Хотя в науке приоритет очень условен.

По моему мнению, основным показателем и индикатором исследовательской деятельности является мнение

В качестве показателей исследовательской деятельности следует считать:

- отчеты и договора НИР и НИОКР;
- открытия, патенты, программы ЭВМ;
- наличие научного направления, решающего определенные народно-хозяйственные проблемы;
- наличие научной школы (учеников и последователей);
- монографии, статьи, доклады, научные принципы и концепции, теории, методы;
- руководство докторантами, аспирантами и магистрами.

Инструментами юридического закрепления научного результата являются научные отчеты, договора НИР и НИОКР, открытия, факты, научные принципы и концепции, теории, методы, патенты, программы на ЭВМ, публикации.

Причины патентной пассивности российских разработчиков связаны с более тщательной экспертизой заявок, с возможностью покупки разработок с патентами, отсутствием в законодательстве РФ нормативов, регулирующих правовые отношения между исполнителем и работодателем, а также сокращением патентных служб в организациях.

Новая система должна основываться в первую очередь на создаваемых российских платформах, во вторую — на существующих международных. Роль государства в интеграции существующих разрозненных информационных ресурсов может проявиться в создании единой государственной платформы, построенной на основе федеральных, региональных и частных информационных систем, включающих базы данных архивов, библиотек, музеев, издательств, диссертаций, патентов, технологий и т.д.

научного сообщества. И не стоит пытаться формализовать то, что и так, в неформализованном виде, работает. Во всяком случае, для чисто фундаментальной науки. Для прикладной науки единственным реальным показателем эффективности исследований и разработок являются деньги. Если научный результат удалось продать — значит, он реально кому-то нужен. Если удалось продать за большие деньги — значит, очень нужен. Если желающих заплатить нет — то это была не наука, а ее имитация. Все остальное от лукавого — это просто попытки такую имитацию замаскировать.

Существующие инструменты: патенты, свидетельства, лицензии, казалось бы, неплохо справляются со своей задачей закрепления научного результата. Но, на мой взгляд, и простой приоритетности опубликования было бы достаточно. Ведь все эти инструменты — это элемент экономической системы, устроенной не так, как наша. У нас их реальная ценность невелика.

И именно потому, что реальная ценность патентов в нашей экономике невелика, активность разработчиков ограничивается формальными требованиями, которые выставляются заказчиками в конкурсных процедурах.

Что касается новой системы, то, на мой взгляд, ее реальная нужность сомнительна. Но если ее будут делать, а наверняка будут, нужно же бюрократам оправдывать свое существование, то лучше уж делать на отечественной платформе, по крайней мере, деньги, выделенные на разработку, в стране останутся. А государство при этом за разработку заплатит, потому что никто другой на это ни копейки не даст.



Борис Петрович Саушкин, специалист в области технологий производства авиационно-космической техники, академик Академии космонавтики, профессор, доктор технических наук, преподаватель ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет».

21 марта 2022 года правительство России на фоне известных событий, в которые вовлечены США и Нидерланды, согласилось с предложением Минобрнауки России приостановить в этом году учет индексации публикаций российских ученых в международных базах данных и участия в зарубежных научных конференциях. В связи с этим у меня возникают два вопроса:

1. Научная общественность РФ (действующие ученые) на протяжении многих лет высказывалась за изменение системы оценки труда отечественных ученых, основанной на индексации их публикаций в международных базах данных, приводя при этом многие весомые доводы. Неужели для того, чтобы признать этот факт, потребовались известные события?

2. Если известные события, а вернее, известные причины, их побудившие, будут периодически повторяться, не станут ли такие приостановки затруднять вышеуказанную оценку?

Речь, на мой взгляд, должна идти не о приостановке безусловно важного процесса оценки качества труда отечественных ученых на основании индексации их работ, опубликованных за рубежом, а о переосмыслении и изменении механизма такой оценки с позиций прежде всего интересов РФ.

Что касается внедрения инновационных разработок, то хотелось бы напомнить мнение академика П. Л. Капицы по этому вопросу (Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика — М.: Наука, 1974). Петр Леонидович отмечал, что термин «внедрение» означает продвижение вперед при сопротивлении окружающей среды и не отвечает нормальным условиям освоения новых технологий и новой техники, которые он сформулировал следующим образом:

— обоюдная заинтересованность предприятия — разработчика нововведения и предприятия — пользователя в использовании нововведения. Такая заинтересованность должна иметь как моральный, так и материальный аспекты;

— наличие на предприятии квалифицированных кадров, хорошо подготовленных к данному нововведению. Наличие специалистов широкого профиля, детально знакомых с нововведением и хорошо знающих базовое производство;

— наличие на предприятии свободных ресурсов для освоения данного нововведения. Иными словами, количество одновременно осваиваемых данным предприятием нововведений должно быть разумным и отвечать ресурсным возможностям предприятия;

— необходима материальная поддержка процесса освоения нововведения, то есть соответствующие инвестиции, выделение целевых средств;

— наличие программы, четкого плана-графика освоения нововведения с учетом специфики самого нововведения и возможностей предприятия. Безукоснительное выполнение этой программы.

Я думаю, несмотря на прошедшие пятьдесят лет, эффективный механизм внедрения инновационных разработок лучше не опишешь.

Относительно показателей и оценок научной деятельности я помню, какой интерес у научной общественности вызвало издание в свое время книги В.В. Налимова и З.М. Мульченко «Наукометрия». Стало понятным, что появилась новая научная дисциплина со своей методологией, объектом и задачами исследования. По-видимому, на этот вопрос должен ответить (с немалым, кстати, запозданием) не мудрый и всезнающий аппарат Минобрнауки, а ученые, занимающиеся проблемами наукометрии. Дело в том, что Минобрнауки, судя по имеющемуся опыту, интересует критерий оценки, по которому можно будет судить, прежде всего о том, на какой срок следует избрать данного исследователя по конкурсу, какие ему платить прибавки к порою смешной зарплате и пр. Такой критерий далеко не всегда отражает его вклад в науку.

Хотелось бы пожелать, чтобы подобная система содержала в себе механизм защиты и сохранения объективности такой оценки. Известно, что существующая система, в особенности оценка цитируемости, легко взламывается умышленными от науки.

По инструментам оценки юридического закрепления научного результата. Хотелось бы отметить, что кроме юридического закрепления научного результата (за исключением, конечно, процедуры патентования) важную роль должны играть основные положения научной этики, которые, как мне кажется, становятся все менее значимыми. Это непосредственно связано со снижением роли и ослаблением научных школ в отечественной науке (Краснова Е. В., Моргунов Ю. А., Саушкин Б. П., Шандров Б. В. Развитие прикладных научных исследований в машиностроении России // Экономика в промышленности. 2021. № 3).

Причинами патентной пассивности российских разработчиков являются высокие трудозатраты на оформление заявки, необходимость поддерживать патент материально. Поддерживаю предложение о возобновлении единовременных выплат авторам патента и введение звания «Заслуженный изобретатель России» для моральной и материальной поддержки лиц, интенсивно работающих в области изобретательства.

Что касается платформы для новой информационной системы, необходимо разработать авторитетную и объективную собственную отечественную платформу, основанную на ограниченном списке рецензируемых журналов и приравнять индексацию на этой платформе к индексации в базах Web of Science, Scopus. Выбор места публикации остается за авторами в зависимости от цели, которую они преследуют. Роль государства в процессе интеграции в систему существующих информационных ресурсов должна быть определяющей.

Блокировка Web of Science

В ходе подготовки опроса стало известно, что компания Clarivate Analytics с 1 мая прекратила коммерческую деятельность в России, в результате чего российские институты и вузы лишились доступа к международной базе данных Web of Science. В настоящий момент прорабатываются альтернативные механизмы, обеспечивающих доступ ученых к иностранным исследованиям.

www.mk.ru/

rosmould

featuring **3D-TECH Area**

rosplast

Международная выставка форм, пресс-форм, штампов,
услуг по проектированию изделий и их контрактному производству

Международная выставка оборудования
и материалов для индустрии пластмасс

07 — 09 июня 2022

МВЦ «Крокус Экспо», Москва

www.rosmould.ru



messe frankfurt

mesago

Messe Frankfurt Group

АЛМАЗОПОДОБНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ ПОКРЫТИЯ DLC. ВАРИАНТЫ И ПРИМЕНЕНИЕ.



Николай Балдаев

Износостойкие PVD/CVD-покрытия, содержащие аморфный углерод, атомы которых в какой-то доле связаны алмазными sp³-связями, принято называть DLC — Diamond Like Carbon — «алмазоподобные углеродные покрытия». К ним также относят углеродные покрытия, содержащие дополнительно металлические матрицы. Например, композит из аморфного углерода и карбида вольфрама, некоторые версии которого

могут содержать очень небольшую долю sp³-связей, а прочность покрытия почти полностью обеспечивается матрицей из карбида вольфрама, также относится к этой группе и называется Me-DLC-покрытие.

Напомним, PVD (physical vapor deposition) покрытие формируется из ионов или наночастиц металла, которые испаряются из мишеней-заготовок, расположенных на стенках камеры. Эти частицы переносятся электрическим полем и осаждаются на поверхность изделия, захватывая по пути ионы реактивного газа и формируя в результате на поверхности изделия сверхпрочную металлокерамическую пленку. При процессе CVD (chemical vapor deposition) покрытие формируется химически, непосредственно из реактивного газа.

Если посчитать все варианты и версии покрытий семейства DLC, таковых наберется довольно много. Есть покрытия семейства DLC с содержанием водорода или без него. Они могут формироваться испарением графитовых мишеней или ионизацией газа, содержащего углерод, могут содержать в составе различные металлы. Но все покрытия семейства DLC объединяет высокая твердость и низкий коэффициент трения.

Однако объединение покрытий с очень различными характеристиками под одним названием приводит зачастую к серьезным проблемам. Использование инструментов или деталей с покрытиями, похожими по названию, но не соответствующими по характеристикам целям их применения, не только не дает необходимого результата, но и иногда ухудшает функционирование узла и даже приводит к дискредитации покрытия, которое при адекватных условиях работы изделия значительно улучшает его функциональные свойства.

Во всех случаях покрытия из семейства DLC имеют низкий коэффициент трения и высокую твердость — казалось бы, в чем разница между ними? Однако структурные различия, обусловленные различными физическими процессами, происходящими при формировании покрытия, приводят к тому, что разные покрытия из DLC-семейства имеют разные физические свойства и разную стойкость к тем или иным воздействиям. Игнорирование этих различий и приводит к отрицательным результатам их неадекватного применения.

Рассмотрим три варианта коммерчески распространенных DLC-покрытий, их состав и основные характеристики.

a-C:H:W — АМОРФНЫЙ УГЛЕРОД, ВОДОРОД, ВОЛЬФРАМ

Возьмем для начала весьма широко распространенное покрытие, представляющее собой композит карбида вольфрама и аморфного углерода. Обозначается как WC/C, или Me-DLC, или, что более правильно, a-C:H:W — аморфный углерод, водород, вольфрам. Одно из самых известных брендовых названий — BALINIT®C.

Формируется одновременным испарением мишеней из карбида вольфрама, расположенных на стенках камеры, и ионизацией ацетилена в камере. На мишени подается положительный потенциал, а на обрабатываемые изделия — отрицательный. Электрическим полем испаренный карбид вольфрама переносится на изделия, туда же притягиваются и ионы углерода, частично с водородом. Таким образом формируется композиция из указанных элементов, обладающая высокой твердостью, износостойкостью и низким коэффициентом трения.

Темные полосы на фотографии наноструктуры (рис. 1) такого покрытия — это зоны с повышенным содержанием

углерода, а относительно светлые — с повышенным содержанием карбида вольфрама. Это не значит, что покрытие представляет собой «многослойный пирог» из слоев чистого углерода и чистого карбида вольфрама. Если бы было так, слои карбида вольфрама легко разделялись бы по слоям углерода. И то и другое присутствует везде по толщине покрытия, просто где-то больше одного, а где-то другого.

Твердость такого покрытия 1000–1500 HV, а

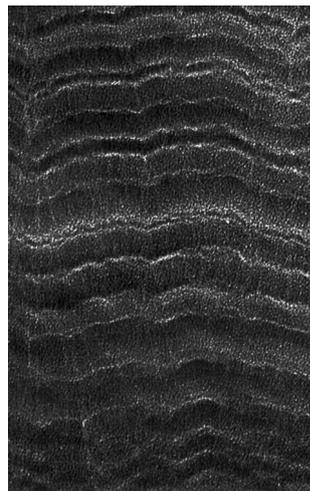


Рис. 1. Наноструктура покрытия BALINIT®C

В начале работы



Приработанная пара

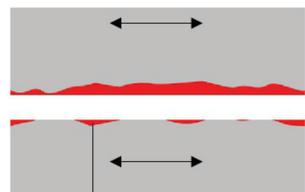


Рис. 2. Иллюстрация механизма приработки пары с покрытием на одной из сопряженных поверхностей.

коэффициент сухого трения по стали 0,1. При этом покрытие а-С:H:W (BALINIT®C) показывает отличную прирабатываемость (рис. 2). Поверхность с покрытием сглаживается, в том числе заполняя неровности поверхности у ответной детали. Практически во всех случаях достаточно нанести покрытие на одну поверхность, чтобы обеспечить защиту от износа обеих деталей и значительного снижения трения.

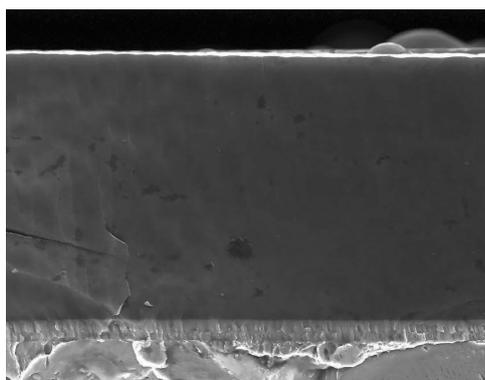


Рис. 4. Наноструктура покрытия BALINIT®DLC

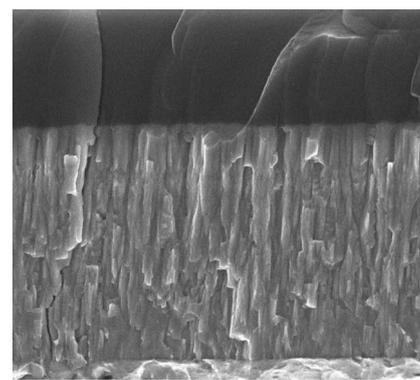


Рис. 6. Наноструктура покрытия BALINIT®DLC STAR

а-С:H — АМОРФНЫЙ УГЛЕРОД, ВОДОРОД

Большую долю на рынке занимает углеродное покрытие, структурно представляющее собой композицию из атомов углерода, связанных между собой графитовыми sp² и алмазными sp³-связями с некоторым содержанием водорода, обозначаемое а-С:H или BALINIT®DLC (рис. 3).

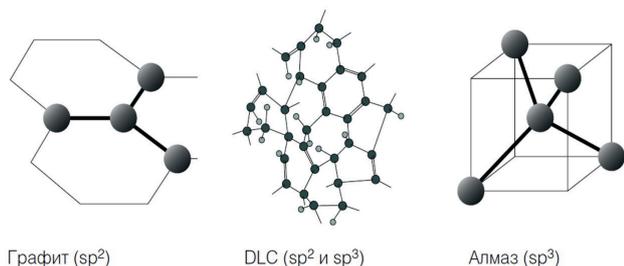


Рис. 3. Схематическое изображение структуры DLC-покрытия

Покрытие целиком формируется из ионизированного до состояния плазмы ацетилена. Этот процесс называется PACVD (Plasma-assisted Chemical Vapor Deposition) — химическое осаждение из паровой фазы с помощью плазмы.

Поскольку, кроме углерода и практически незаметного даже на наноструктурных шлифах водорода в составе покрытия больше ничего нет, изображение наноструктуры покрытия ничем не примечательно (рис. 4).

Твердость такого покрытия уже до 2500 HV, а коэффициент сухого трения по стали тот же 0,1. Более высокая

твердость а-С:H (BALINIT®DLC) покрытия обеспечивает большой ресурс, но в то же время, как показали испытания (рис. 5), более длительный период приработки. В процессе приработки коэффициент трения обоих покрытий несколько повышается, а потом у обоих покрытий (через разные дистанции скольжения, определяемые твердостью покрытий) снижается и устанавливается стабильный на очень низком уровне.

Покрытия BALINIT®C и BALINIT®DLC очень часто используются в версии STAR, т.е. на подложке из нитрида хрома (CrN). Это обеспечивает более высокую адгезию и ступенчато-градиентный переход механических характеристик, что повышает стойкость к нагрузкам. При переходе от столбчатой структуры CrN (рис. 6) к DLC-слою соотношение CrN и DLC достаточно плавно меняется в переходном слое. При этом твердость CrN ниже и ближе к твердости самой основы. Таким образом снижается риск растрескивания при точечных нагрузках.

ta-C — ТЕТРАЭДРИЧЕСКИЙ АМОРФНЫЙ

Еще один вариант алмазоподобного углеродного покрытия — ta-C, тетраэдрический аморфный или просто тетра-аморфный углерод. Доля sp³-связей в таком покрытии еще больше, чем в покрытии а-С:H, и в составе нет водорода. Таким образом, это покрытие еще тверже, и значение твердости может достигать 5000 HV. Способ нанесения в большинстве используемых промышленных установок — дуговой, т.е. на поверхности заготовки-мишени формируются микроскопические дуги, испаряющие

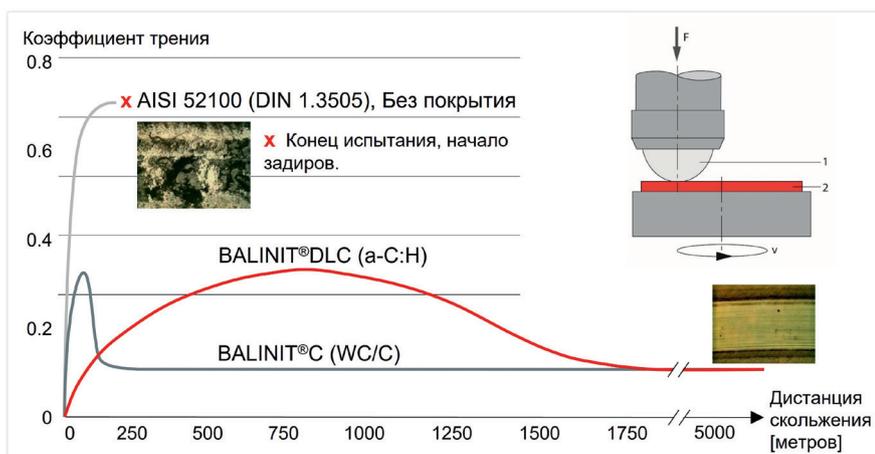


Рис. 5. Приработка и выход на стабильный уровень коэффициента сухого трения покрытий BALINIT®C и BALINIT®DLC

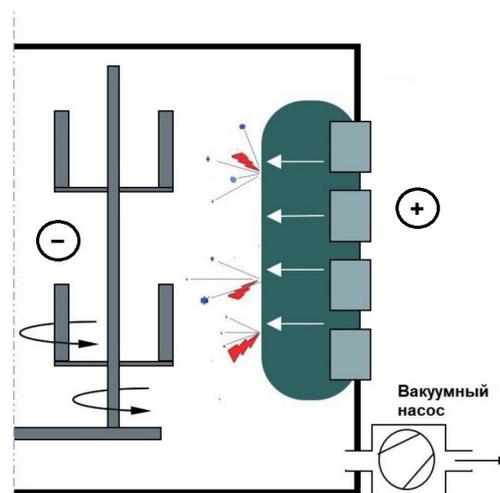


Рис. 7. Схема дугового процесса



Рис. 8. Ролики подшипников ветрогенераторов с покрытием BALINIT[®]C

углерод, который и переносится на поверхность изделия (рис. 7).

Итак, мы имеем три варианта углеродных покрытий семейства DLC, которые предлагаются на рынке, причем диапазон твердостей покрытий достаточно большой. Казалось бы, берем самое твердое покрытие и используем его во всех случаях. Однако не все так просто.

ОСОБЕННОСТИ ПОКРЫТИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Покрытие a-C:H:W

Покрытие a-C:H:W (BALINIT[®]C) находит применение в разных сферах производства. Один из глобальных производителей подшипников качения имеет в листе продукции специальную серию покрытий NoWear. Покрытие a-C:H:W (BALINIT[®]C), наносимое на дорожки качения подшипников, очень существенно снижает скорость износа таких подшипников, увеличивает стойкость к повышенным нагрузкам.

Самое, наверное, впечатляющее применение — ролики подшипников ветряных генераторов электроэнергии. Замена подшипников у ветрогенератора при износе обойм гигантских подшипников качения требует полного демонтажа и обратного монтажа генератора. Нанесение покрытия a-C:H:W (BALINIT[®]C) на обоймы невозможно, они слишком велики для нанесения покрытий, таких камер для нанесения покрытий просто не существует. Нанесение же такого покрытия на ролики (рис. 8) огромного

подшипника решает задачу и обеспечивает высокий ресурс безотказной работы ветрогенераторов.

Покрытие a-C:H:W (BALINIT[®]C) также применяется на различных зубчатых передачах. В тот момент, когда зуб соскальзывает с зуба сопряженной шестерни, возникает момент практически сухого трения, приводящего к усталости металла и питтинговому износу (рис. 9). А вот шестерни с покрытием a-C:H:W (BALINIT[®]C) превосходно выдерживают такие нагрузки.

Покрытие BALINIT[®]C было испытано на шипах опытных крестовин межосевого дифференциала тяжелого грузового автомобиля (рис. 10). При специальных испытаниях с нагрузкой, многократно превышавшей нормативную, заклинивание стандартной пары крестовина—сателлиты происходило, по словам испытателей, через 30–40 секунд. Та же пара, где на шипы было нанесено покрытие BALINIT[®]C, проработала в тех же условиях 6 минут, после чего испытания были остановлены. При вскрытии ни задиров, ни каких-то следов серьезного износа обнаружено не было, только лишь следы приработки.

А почему другие виды покрытий из семейства DLC не применяются в таких узлах?

Во-первых, более твердые покрытия оказываются более хрупкими. Покрытия типа a-C:H (BALINIT[®]DLC) или ta-C при точечных воздействиях, которые бывают на обоях или роликах подшипников качения, просто растрескиваются.

Что же касается крестовин дифференциала — тут другая проблема. Шипы крестовин имеют относительно высокую шероховатость, недопустимую для нанесения a-C:H (BALINIT[®]DLC). Это покрытие требует полировки поверхности перед нанесением покрытия до уровня Rz<1,5. Технически это возможно. Но это удорожание, которое не имеет смысла, поскольку BALINIT[®]C, которому не нужна такая тщательная полировка, и так дает отличный результат.

Еще один пример, когда в принципе приемлемы оба варианта, но технологически и экономически a-C:H:W (BALINIT[®]C) выигрывает. Электродвигатели буровых установок подвержены сильным вибрациям. Стандартные полимерные прокладки, подобные тем, что используются под крышками автомобильного двигателя, долго не выдерживают, как и полимерные герметики. А после их разрушения начинается фреттинг-износ, когда в некоторых точках поверхности, где контакты поверхностей наилучшие, происходит спайка трением с последующим

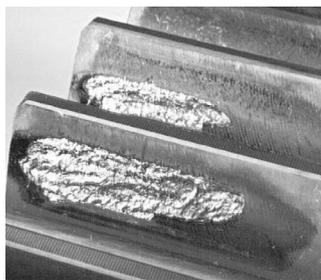


Рис. 9. Питтинговый износ зубьев шестерни

Рис. 10. Опытные крестовина и сателлиты МОД производства ПАО «КАМАЗ» с покрытием BALINIT[®]C-STAR





Рис. 11. Крышки двигателя с покрытием BALINIT[®]C ООО «Ирс Лазер Технолоджи»



Рис. 12. Плунжеры топливного насоса высокого давления производства АО «ЯЗДА» с покрытием BALINIT[®]DLC — темного оттенка



Рис. 13. Иглы топливной системы высокого давления производства ООО УК «АЗПИ» с покрытием BALINIT[®]DLC — темного оттенка

разрушением самих поверхностей и крышки, и сопряженной поверхности блока двигателя. Для защиты от фреттинга наносится покрытие а-С:H:W (BALINIT[®]C) (рис. 11). Можно ли использовать покрытие а-С:H (BALINIT[®]DLC)?

Последнее покрытие, как уже говорилось ранее, более требовательно к качеству поверхности. Кроме того, нанесение PACVD-покрытия требует гораздо более внимательного отношения к тому, как детали располагаются в камере. При нанесении любых ионно-плазменных покрытий необходимо обращать внимание на конфигурацию электрических полей, сформированных расположением деталей. Однако PACVD — в этом отношении самая требовательная технология. И если не учитывать все факторы, вместо алмазоподобного покрытия мы получим на поверхности рыхлый слой графита, который очень быстро рассыплется. Таким образом, в данном случае нанесение а-С:H:W (BALINIT[®]C) полностью решает задачу защиты от фреттингового износа и оказывается значительно дешевле и проще в нанесении.

Покрытие а-С:H

Хотя спектр применений покрытия а-С:H:W (BALINIT[®]C) очень и очень широк, для автомобильной индустрии а-С:H (BALINIT[®]DLC) это основное ионно-плазменное покрытие. На рынке автомобильной техники покрытия а-С:H (BALINIT[®]DLC) занимают около 70%, тогда как покрытия а-С:H:W (BALINIT[®]C) всего лишь 15%.

В настоящее время плунжеры (рис. 12) и иглы (рис. 13) практически всех современных топливных систем высокого давления для дизельных двигателей имеют такое покрытие. Покрытие а-С:H:W (BALINIT[®]C) в таких системах, увы, недостаточно работоспособно, хотя и применяется на плунжерах судовых дизельных двигателей и других тихоходных и малофорсированных моторах.

Применяется данное покрытие на плунжерах аксиально-поршневых насосов сельскохозяйственной техники (рис. 14) и многих других подобных деталях.

Обеспечивая исключительно низкий коэффициент трения, покрытие а-С:H (BALINIT[®]DLC) применяется на деталях на-

сосов типа «торцовое уплотнение», кольцах разгрузки и других деталях, где происходит скольжение поверхностей.

Это покрытие отлично показывает себя также и при нанесении на режущий инструмент для обработки цветных металлов и сплавов, снижая налипание относительно мягких металлов на инструмент, многократно продлевая ресурс и повышая качество обработки.

Покрытие ta-C

А как же одно из самых твердых из семейства DLC-покрытий — тетрааморфный углерод — ta-C? Где оно применяется?

Несмотря на его выдающиеся характеристики износостойкости, его сфера применения оказалась заметно меньше. Применения покрытия — на режущих инструментах, деталях оборудования для глубоководной добычи нефти и другое.

Можно ли использовать такое покрытие на деталях топливной аппаратуры высокого давления? В принципе — да. Но, несмотря на высокую твердость, это покрытие, скорее всего, не даст результата лучшего, чем а-С:H (BALINIT[®]DLC).

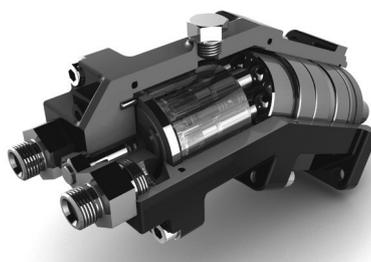
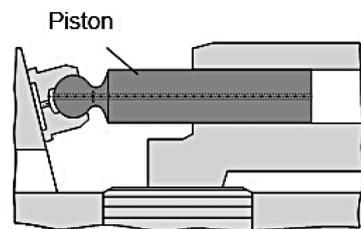


Рис. 14. Плунжеры аксиально-поршневого насоса строительной техники с покрытием BALINIT[®]DLC — темного оттенка

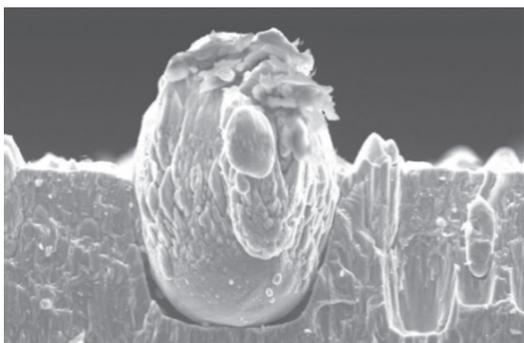


Рис. 15. Дроplet ионно-плазменного покрытия, сформированного дуговым процессом

Дело вот в чем. Прежде всего, надо вспомнить, что такое покрытие наносится путем дугового испарения углерода (рис. 7). При этом возможно формирование агломератов из атомов углерода, которые хоть в основном и устраняются электромагнитными фильтрами, тем не менее, частично попадают на поверхность, образуя очень твердые включения на поверхности покрытия — дроpletы (рис. 15).

Эти включения при скольжении по ответной детали, будут ее драть. Удалить их полностью практически невозможно, и даже снижение абразивных свойств поверхности полировкой до более-менее приемлемых уровней требует значительных затрат времени и применения специального оборудования. Отполировать можно и алмаз, но ведь здесь речь идет о массовом производстве деталей. А дополнительные трудоемкие операции — это дополнительные затраты. При изготовлении деталей плунжеров, игл и других деталей топливной аппаратуры, это серьезно сказывается на их конечной стоимости, что ставит под вопрос целесообразность применения покрытия типа ta-C.

Кроме того, коэффициент трения по стали покрытия типа ta-C, в среднем, в различных условиях эксплуатации, оказывается заметно выше, чем у покрытия типа BALINIT®DLC (a-C:H).

Износ пар скольжения происходит именно тогда, когда они работают в режиме, близком к сухому трению. И если коэффициент трения выше — значит в паре происходит преобразование энергии движения в энергию разрушения. И разрушаться будет как раз ответная поверхность, та, что без ta-C-покрытия.

Так что если на плунжер ТНВД вместо a-C:H (BALINIT®DLC) нанести более твердое покрытие ta-C и дополнительно тщательно его отполировать, система вероятнее всего не будет работать лучше и дольше. Из-за износа ответной поверхности, обусловленной как наличием остатков твердых включений, так и за счет большего коэффициента трения, система, где применено более твердое ta-C-покрытие, выйдет из строя даже раньше, чем та, где использовано несколько менее твердое a-C:H (BALINIT®DLC) покрытие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Читателю может показаться, что семейство DLC-покрытий известно и вдоль, и поперек и применение таких покрытий простой и рутинный процесс. На самом деле все совсем не так. Технологии нанесения ионно-плазмен-

ных покрытий не стоят на месте. Разрабатываются новые процессы, находятся новые применения.

Например, еще одно знаковое внедрение одного из покрытий DLC-семейства произошло практически на днях, когда данная статья уже была почти готова к печати. В последнее время АО «ЯЗДА» интенсифицировало переориентацию производственных связей с зарубежных поставщиков на тех, кто работает в России, несмотря на сложности текущего момента. Импортозамещение коснулось и толкателей топливных насосов, покрытие для которых ранее наносилось в одной из европейских стран.

Был проведен сравнительный стресс-тест толкателей с покрытием из Европы и покрытием BALINIT®C, которое наносится в России (рис. 16). Испытания с постепенным ухудшением условий эксплуатации и увеличением скоростей и нагрузок проводились до разрушения покрытия.



Рис. 16. Толкатели топливного насоса производства АО «ЯЗДА» с покрытием BALINIT®C — темного оттенка

Испытания показали, что BALINIT®C разрушается только тогда, когда скорости и нагрузки становятся вдвое большими, чем скорости и нагрузки, фатальные для ранее применявшейся версии DLC-покрытия, наносимого за рубежом.

Говорят, что слово «кризис», написанное по-китайски, состоит из двух иероглифов: один означает «опасность», другой — «благоприятная возможность». Китаеведы могут сказать, что это не так и трактовать китайский иероглиф нужно совсем по-другому.

Однако важно не то, какая трактовка точнее. Важно, чтобы в любой ситуации, при любом кризисе специалисты, руководители и каждый на своем месте находили такие решения, которые позволяют преодолеть трудности, чем бы они ни были вызваны. Последний пример как раз и говорит об этом. Возникла сложность — появилось технологическое решение — результат оказался лучше того, что было ранее. В каком-то смысле — не было бы счастья, да несчастье помогло.

Технологии, в том числе и ионно-плазменные покрытия, будут и дальше прогрессировать и помогать улучшать работу окружающих нас механизмов, помогать решать задачи и преодолевать сложности.

Изображения предоставлены ООО «Оерликон ОСС СНГ».

Николай Балдаев,
руководитель направления «Прецизионные компоненты»
ООО «Оерликон ОСС СНГ»
Моб.: +7 916 041 4771,
Nikolai.Baldaev@oerlikon.com

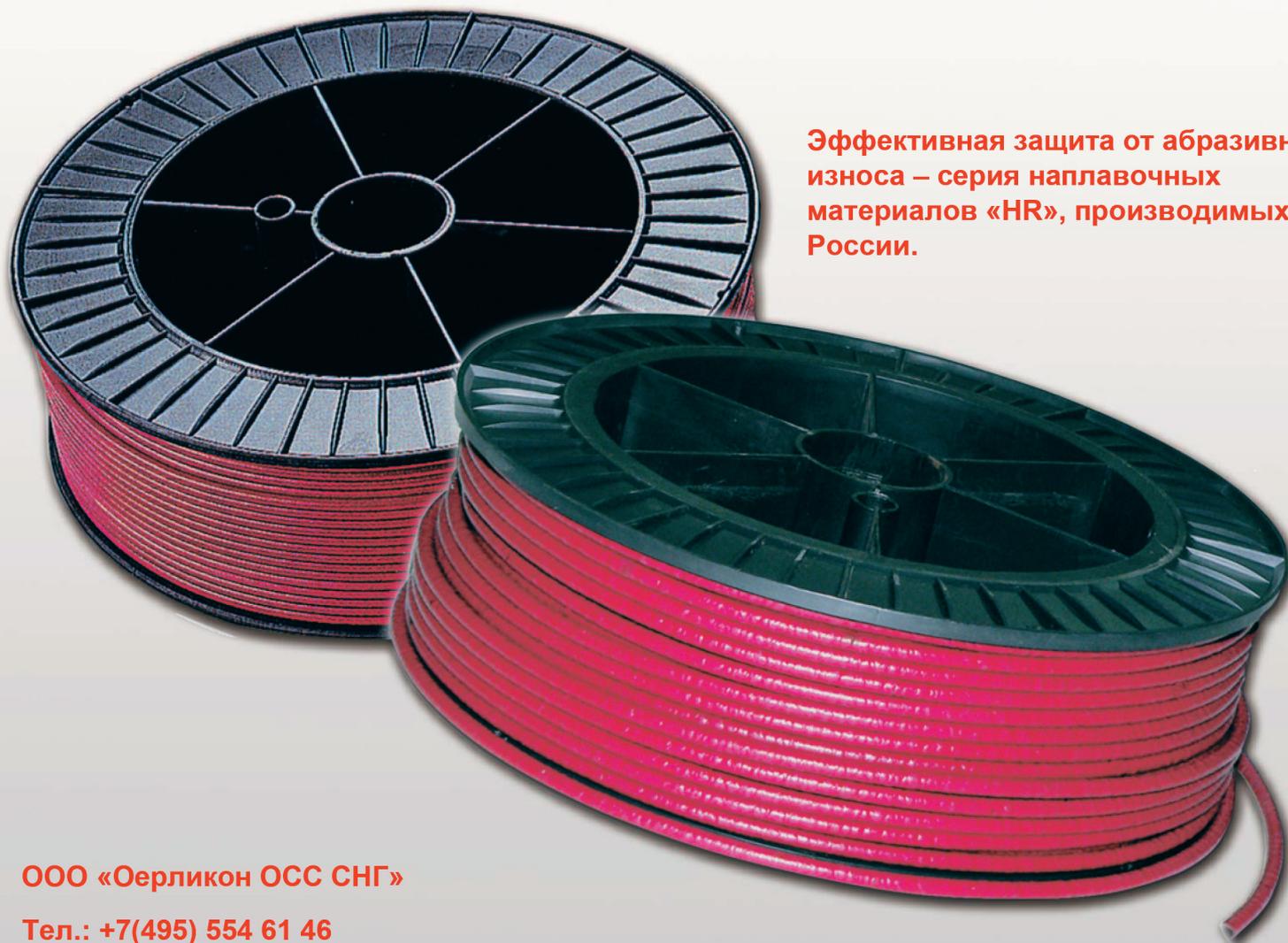
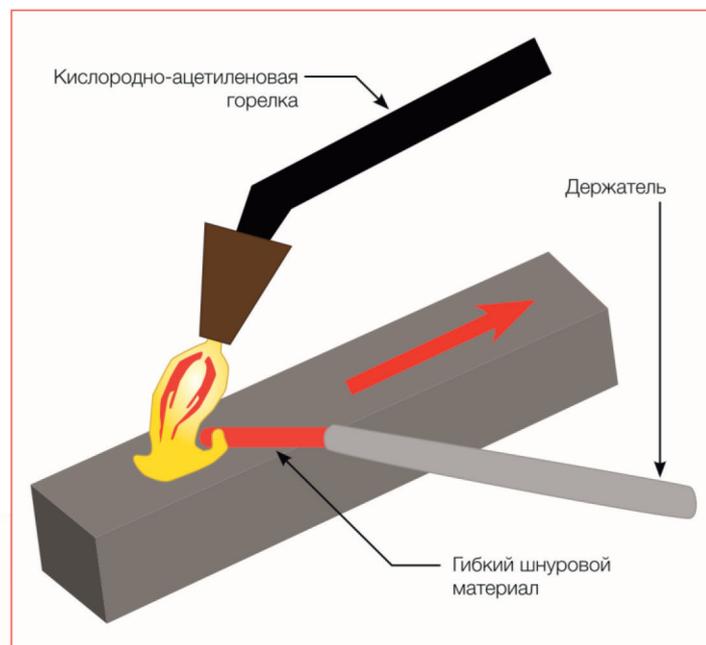
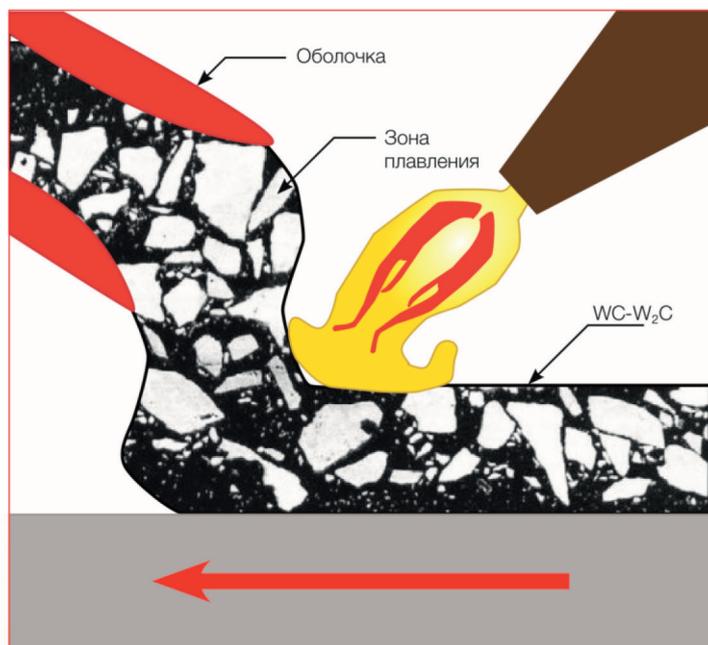




Рис. 1. Круглый стол «Как они это делают: шестерни» в технопарке «Сколково». Фото: НСПОИМ.

ШЕСТЕРНИ: КАК ОНИ ЭТО ДЕЛАЮТ

Круглый стол «Как они это делают: шестерни» стал продолжением серии конференций на актуальные технологические темы, организатором которых выступает Национальный союз производителей и поставщиков оборудования и инструмента для металлообработки (НСПОИМ). Что такое шестерни, где используются, какие трудности преодолевает предприятие для их производства — такие вопросы ставили перед собой участники мероприятия.

ПРОИЗВОДСТВО ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Главный специалист «ОДК-Салют» Сергей Прохоров отметил, что в авиастроении существует разделение зубчатых колес на несилловые (различные агрегаты, приводы датчиков) и силовые (служат для зубчатого зацепления агрегатов, которые обслуживают самолет, двигатель, для передачи крутящего момента от стартера к валу двигателя при его запуске, для привода винта в турбовинтовых и части турбовентиляторных двигателях) — **рис. 2**. Ко вторым предъявляются более высокие требования. Это работа при больших скоростях с нестационарными режимами и при переменных контактных и изгибных напряжениях.

Их производство требует обеспечения сложной формы высокоточных поверхностей. Эти особенности определяют сложность оборудования и технологического процесса изготовления зубчатых передач.

Технология производства авиационных зубчатых колес (рис. 3) должна обеспечивать:

- высокую точность базовых поверхностей и всех элементов зацепления;
- высокое качество химико-термического упрочнения рабочих поверхностей;
- оптимальную модификацию рабочих поверхностей зубьев;
- низкую шероховатость рабочих поверхностей зубчатых колес.



Рис. 2. Шестерни. Фото из презентации «ОДК-Салют»

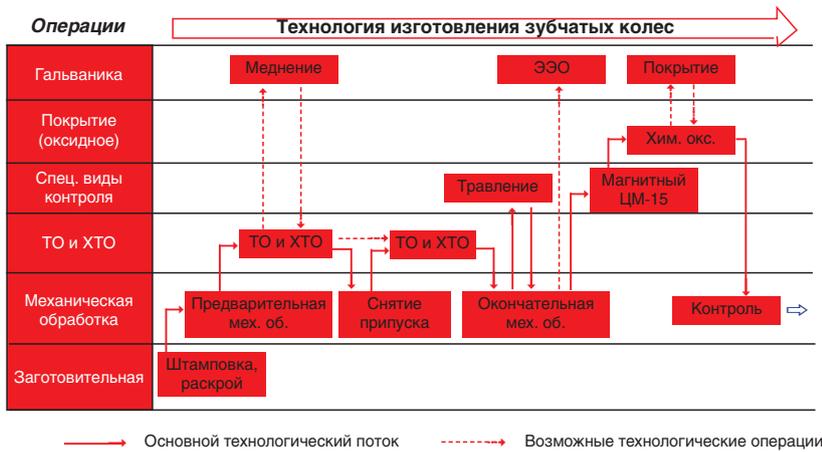


Рис. 3. Типовая технология производства зубчатых колес ГТД. Фото из презентации «ОДК-Салют».

Среди актуальных задач, которые сейчас стоят перед производителями:

- Механическая обработка: шлифование высокоточных зубчатых колес кругами малых диаметров; применение высокопроизводительных, гибких технологий зубопрофилирования; изготовление прямозубых конических шестерней.
- Термическая и химико-термическая обработка: снижение деформационных поворотов при ТО и ХТО, упрочнение внутренних шлицев; способы и технологии предохранения поверхностей от ХТО.
- Контроль зубчатых колес на всех этапах изготовления: параметры зубчатого венца; контроль общей геометрии; контроль остаточных напряжений; контроль на прижоги, трещины.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕДУКТОРОВ

В современных реалиях проектирование зубчатых колес без использования программного обеспечения (ПО) трудно представить. Дмитрий Федош из компании **GLEASON** показал тот ряд возможностей, которые включает современная система ПО. Это проектирование (рис. 4), расчет на прочность, оптимизация, анализ, проверка элементов машиностроения, выпуск документации и др.

Так, применение модульной системы KISSsoft (состоит из модулей KISSsoft и KISSsys) охватывает широкий диапазон от проектирования отдельных элементов до

автоматизированного проектирования целых коробок передач: зубчатые колеса; элементы машиностроения. В KISSsys проводится расчет и анализ систем и коробок передач: кинематика, потоки мощности, схемы переключения скоростей, анализ редуктора, рассчитывается его КПД, критические частоты.

На рис. 5 приведен пример не просто автомобильной коробки передач, а всей системы с бортовыми и колесными редукторами. Исходя из данных проводится расчет надежности как на уровне отдельных элементов, так и на уровне системы, рассчитываются различные конфигурации кинематической схемы с выбором требуемой, осуществляется проверка соответствия конструкции редуктора требованиям, предъявляемым к сроку службы, уровню вибрации и т.д.

КАК ПОЛУЧИТЬ ЗУБ НА УНИВЕРСАЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Во время круглого стола был рассмотрен процесс изготовления зубчатых венцов на универсальном оборудовании. В этом случае, теряя в точности изделия, можно получить существенные преимущества: использование более распространенного оборудования, постановка на производство большой номенклатуры изделий при малых партиях, удобство при обработке детали за один установ и др. Такая обработка может осуществляться за счет применения зуборезного инструмента и при необходимости специального инструментального блока.

Николай Собянин, DMG Mori Россия, выделил четыре основных технологических цикла, применяемых для получения зубчатых поверхностей на универсальном оборудовании, токарно-фрезерных станках и на фрезерных станках с токарной функцией: GEAR HOBBING (метод обката), GEAR SKIVING (зуботочение), CROWN HOBBING (торцевой зуб), GEAR BROACHING (долбление зуба).

Возможности метода GEAR HOBBING (рис. 6а): программирование в диалоговом режиме; обработка прямых, косых, спиральных зубьев и червячных шестерен; поддержка применения червячных и дисковых фрез; увеличение срока службы инструмента за счет смещения; достижимое качество — порядка DIN 7.



Рис. 4. Общая схема проектирования. Фото из презентации компании Gleason.

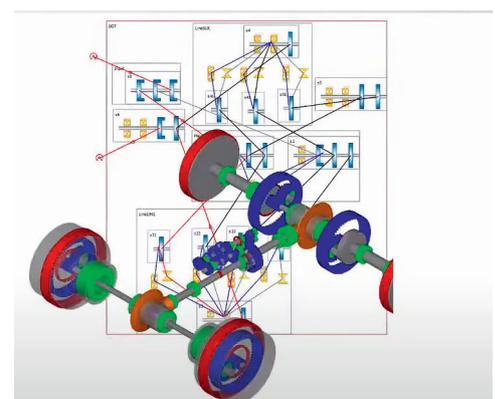


Рис. 5. Проектирование автомобильной системы с бортовыми и колесными редукторами. Фото из презентации компании Gleason.

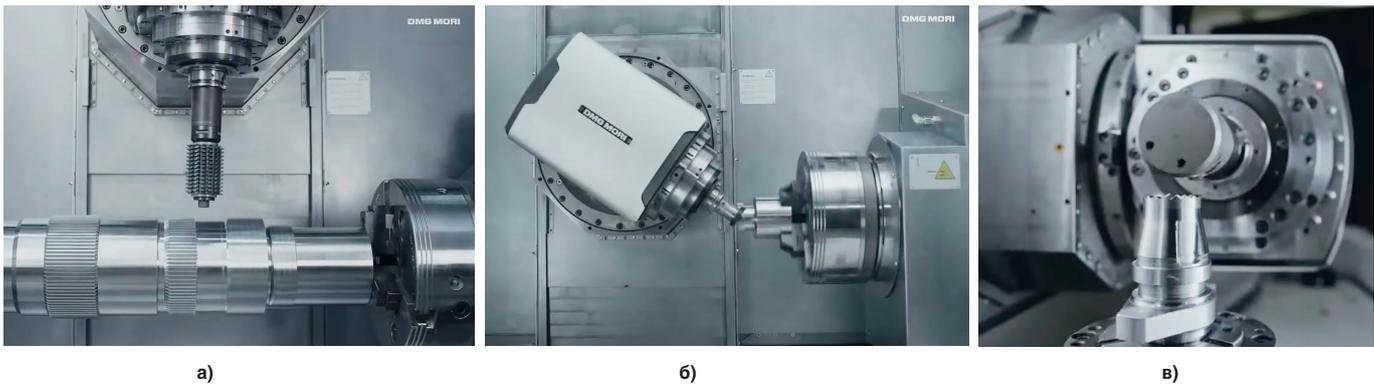


Рис. 6. Методы зубообработки на универсальном оборудовании DMG MORI: а) GEAR HOBGING, б) GEAR SKIVING, в) CROWN HOBGING. Фотографии из видео: DMG MORI.

Метод GEAR SKIVING (рис. 6б) позволяет получать: прямозубые, косозубые, внешние или внутренние прямозубые и шлицевые шестерни; шестерню типа «елочка».

Возможности метода CROWN HOBGING (рис. 6в): изготовление зубьев ударным фрезерованием, автоматический расчет траектории движения инструмента; создание позиционно ориентированных пар зубьев путем определения углового положения зубьев на детали.

Возможности метода GEAR BROACHING: обработка внешних и внутренних зубьев и шлицов, можно изготовить модуль до 4 мм.

Что касается технологии зубошлифования, то она также может осуществляться на токарно-фрезерном оборудовании DMG MORI премиальной линейки.

Максим Бесихин, генеральный директор ООО «ОТС-Технологии», в свою очередь, рассказал об обработке зубчатых колес на универсальных токарных обрабатывающих центрах с приводными блоками компании WTO, сделав акцент на требованиях к используемому оборудованию.

Приводные блоки для червячных фрез GEAR HOBGING UNIT (рис. 7а) применяются для производства шлицов, прямозубых и косозубых шестерен. В качестве инструмента применяются фрезы из быстрорежущей стали HSS, червячные фрезы из порошкового «быстрореза» HSS-Co, червячные фрезы из твердого сплава HM. Точность изготавливаемых шестерен лезвийным инструментом — 9–10 квалитет.

Требования к оборудованию: наличие управляемых осей: Z, X, (Y — желательна), C, револьверная голова с приводом; синхронизация движений по осям Z, C и привода револьверной головы; синхронизация положения оси C и привода револьверной головы; отсутствие люфтов

между приводом револьверной головы и муфтой приводного блока; жесткий интерфейс револьверной головы (BMN, TriFix)

Какие могут быть проблемы? Блоки для червячных фрез достаточно объемные и, как правило, занимают два места в револьверной голове. Надо хорошо контролировать движения на предмет столкновений за счет применения программных комплексов, учитывать расстояние под выход инструментов.

Блоки для силового зуботочения, или POWER SKIVING UNITS (новая технология для России) — рис. 7б. Технология реализуется на токарном оборудовании и на фрезерных станках с наличием токарной функции. С ее помощью можно изготовить: внутренние шлицы, наружные шлицы, прямозубые шестерни, косозубые шестерни. Требования к оборудованию такие же, как при использовании GEAR HOBGING UNIT, но в этом случае управление и синхронизация по оси Y обязательны. Обязателен контроль врезания инструмента.

SKIVING — это процесс, в котором — станок, заготовка, режущий инструмент и приводной блок должны быть точно синхронизированы друг с другом. Для каждого зубчатого венца используется свой специнструмент (скайвер). За счет этого технология довольно дорогая. В отличие от зубофрезерования, проектирование инструмента для скайвинга возможно только с использованием сложного программного обеспечения. Инструмент для скайвинга зависит от размеров заготовки и режимов резания.

Блоки для долбления или строгания BROACHING UNITS (рис. 7в) — самое универсальное решение. С помощью данных блоков можно производить внутренние и наружные шлицы, шпоночные пазы, полигональные отверстия. Обработка возможна практически на любом токарном станке. Требования к оборудованию: наличие управляемых осей: Z, X, C, револьверная голова с приводом.

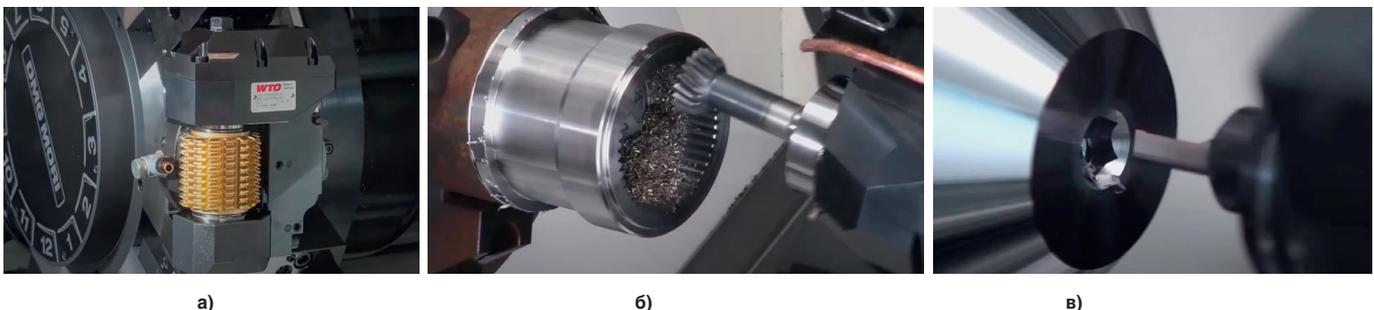


Рис. 7. Зубообработка на универсальном оборудовании с помощью блоков компании WTO: а) GEAR HOBGING UNIT, б) POWER SKIVING UNITS для силового точения, в) BROACHING UNITS. Из презентации компании «ОТС-Технологии».



Рис. 8. Зубофасочные операции. Фото из презентации компании Gleason.

ПРОИЗВОДСТВО НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ СТАНКЕ

О современных производственных решениях лезвийной обработки зубчатых венцов и наблюдаемых тенденциях рассказал **Давид Даушвили, компания GLEASON**.

В производстве крупногабаритных зубчатых колес методом фрезерования актуальна проблема стойкости инструмента. В связи с этим в компании была разработана методика, заключающаяся в комбинации обработок с применением дисковой и червячной фрез. Принцип заключается в следующем. Сначала проводится черновая прорезка впадины зуба с использованием дисковой фрезы класса В. Тем самым проводится нарезка приблизительно 90% от высоты зуба с припуском на чистовое зубофрезерование. Далее осуществляется переналадка на червячную фрезу, как правило, из быстрорежущей стали, и проводится окончательная обработка зубьев.

Для обработки зубчатых венцов крупных зубчатых колес все чаще применяются специальные фрезерные головки. Данная технология позволяет на порядок снизить цикл нарезания венцов по сравнению с долблением. Но, к сожалению, данный процесс не может заменить на 100% зубодолбление, например, при обработке закрытых венцов. Также данная технология ограничена минимально возможным обрабатываемым диаметром — до 600 мм в силу крупных габаритов таких фрезерных головок.

В конструкторской документации шестерен для автомобилей увеличивается тренд на наличие фаски на торцах зубьев. В силу больших объемов выпуска шестерен в автомобилестроении клиенты требуют интеграцию зу-

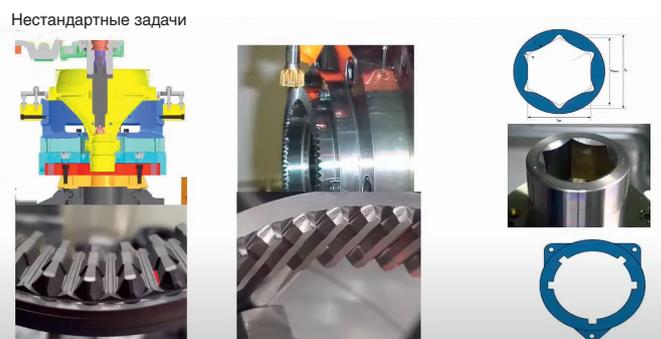


Рис. 9. Зубодолбление. Фото из презентации компании Gleason.

бофасочных станций в зубофрезерные станки. В настоящее время существуют различные виды технологий по снятию фаски. Например, это применение фрез-летучек, специальных червячных фрез, а также так называемых накатников (рис. 8).

С появлением современных систем ЧПУ и приводов технология зубодолбления обрела новые возможности — долбление прямозубых и косозубых зубчатых венцов за счет применения так называемых электронных направляющих. На рис. 9 показаны реальные примеры применения технологии зубодолбления для выполнения нестандартных задач. Например, зубообработка внутреннего шлица, распложенного очень глубоко в корпусе авиационной детали. На некоторых производствах можно встретить применение зубодолбления для нарезки торцевых зубьев. Благодаря электронным направляющим и применению специальных дольжков имеется возможность обработки специальных трансмиссионных зубчатых венцов со скосами по боковой поверхности зуба. Ранее для этих задач была необходима отдельная операция на специальных станках, где скос получали за счет накатки инструментом. Также благодаря современным возможностям зубодолбежных станков можно нарезать так называемые «домики синхронизаторов». При применении специального инструмента также можно обрабатывать нестандартные профили или несимметрично располагаемые пазы.

В связи с расширением применения электромобилей все большее число их производителей используют зубчатые колеса с внутренними венцами и повышенными требованиями к точности зубьев. Имеющиеся в настоящий момент технологии финишной обработки внутренних венцов обкатным зубошлифованием имеют длительный операционный цикл, что в условиях крупных серий неэкономично. В этой связи появилась тенденция по применению технологии скайвинга для финишной обработки незакаленных зубчатых венцов. Технологию скайвинга эффективно применять в условиях обработки крупных серий различным лезвийным инструментом из быстрорежущей стали или твердого сплава. В силу того, что скайвинг — это производительный процесс, то важной задачей становится повышение ресурса работы инструмента. С этой целью была разработана и внедрена технология заточки отработавшего инструмента непосредственно в рабочей зоне станка (рис. 10). Это позволяет на порядок сократить время на переналадку инструмента и тем самым увеличить эффективность работы.

Интегрированная заточка инструмента
→ позволяет заточивать скайвинг инструмент непосредственно на станке



Рис. 10. Скайвинг. Интегрированная технология заточки инструмента. Фото из презентации компании Gleason.

ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Александра Косырева из инженеринговой компании «Интехника» рассказала о необходимости применения комплексного подхода при решении задач зубообработки, а также поделилась типовыми примерами реализованных проектов.

Несмотря на разнообразие поступающих задач, порядок их рассмотрения остается постоянным. Важно, во-первых, определить оптимальный метод обработки, основываясь на чертеже изделия, серийности производства и имеющейся технологии изготовления. Во-вторых, исходя из выбранного метода обработки, определить соответствующий ему инструмент и оборудование.

Оборудование — важная составляющая, оно определяет кинематическую возможность реализации того или иного метода обработки, а также задает точность позиционирования и перемещения инструмента относительно заготовки. Но, если инструмент будет спрофилирован неверно, никогда годного изделия не получится. Поэтому всегда отдельное внимание в компании уделяется проектированию специального режущего инструмента, при этом учитывается специфика отрасли, в которой изделие будет эксплуатироваться. Так, например, для авиационной промышленности существует требование по недопустимости уступа в переходной части ножки зуба шестерни.

Можно выделить основные этапы при изготовлении специального инструмента:

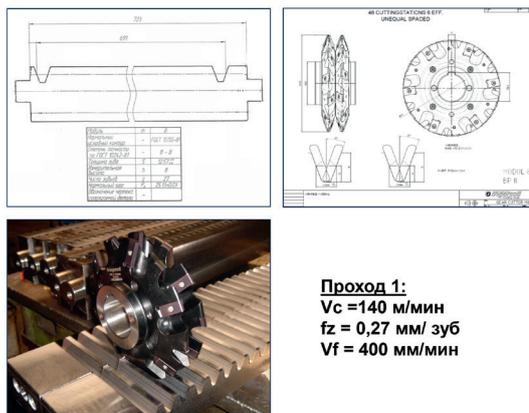
- подбор оптимальной инструментальной рейки, при этом выдерживается максимальный припуск на активной части профиля и максимальная величина поднутрения у зуба шестерни, чтобы после химико-термической и дальнейшего шлифования уступа не возникало;
- генерация обкаточного профиля (это тот профиль, который получается идеально подобранной инструментальной рейкой непосредственно на детали);
- в случае необходимости оценивается пятно контакта;
- выполняется чертеж на инструмент;
- осуществляется производство инструмента и 100% контроль по тем параметрам, которые отвечают за его точность, при отгрузке к инструменту прикладывается паспорт контроля (протокол измерения).

Типовые примеры реализованных проектов были приведены Александрой по двум основным методам обработки: копирования и обкатки.

Метод копирования был реализован:

— при обработке реек (рис. 11). Оборудование специализированное. Удалось увеличить производительность за счет применения двухрядного инструмента со сменными пластинами, и получить заявленные требования по точности и шероховатости, соответственно, 8 степень точности и Ra 3,2;

— при обработке шестерни из текстолита. Оборудование: универсальный фрезерный станок, число осей 3+1. Инструмент: дисковая фреза со сменными пластинами. Была получена 9 степень точности, при этом на боковых поверхностях зубьев отмечалась небольшая



Проход 1:
 $V_c = 140$ м/мин
 $f_z = 0,27$ мм/зуб
 $V_f = 400$ мм/мин

Оборудование: спец. станок для обработки реек
Получаемый модуль рейки: 8 мм
Материал: 40X, твердость 28-35 HRC
Инструмент: Двухрядная сборная чистовая модульная фреза с твердосплавными пластинами.
Результат: Повышение производительности в 2 раза по сравнению с фрезами из быстрорежущей стали.

Рис. 11. Проект реализован методом копирования. Фото из презентации компании «Интехника».

ворсистость. В связи с тем, что данная шестерня использовалась в механизме предохранения прибора от максимальных пиковых нагрузок и в процессе эксплуатации она прирабатывалась с сопряженной стальной шестерней, данная ворсистость была допустима;

— при обработке шлицевого отверстия на глубине 6хD.

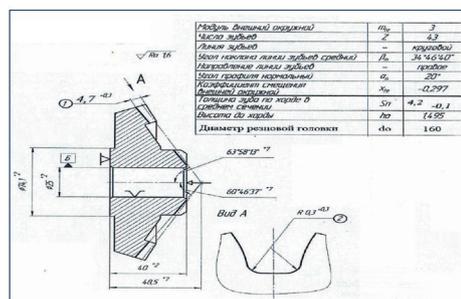
Оборудование: 5-ти координатный ОЦ. Инструмент: долбежный резец из твердого сплава. Долбление осуществлялось непосредственно фрезерной головкой оборудования. Инструмент находился в оси X, в горизонте. При обработке инструмент отжимало, полностью уйти от отжима не удалось, но он был минимизирован.

Метод копирования — универсальный метод обработки, степень точности достижима до 7 на деталях с большим модулем, но чаще можно рассчитывать только на получение 8 степени точности и грубее.

Метод обкатки был реализован:

— при обработке шлицевого прямоугольного вала. Оборудование: 5-координатный ОЦ. Инструмент: червячная фреза из спеченной высоколегированной быстрорежущей стали. Была выполнена предварительная обработка вала с обеспечением необходимой ширины выкружки для последующего выхода шлифовального круга;

— при обработке конической шестерни с круговым зубом на зуборезном оборудовании (рис. 12). Инструмент: зуборезная головка со сменными твердосплавными лезвиями. Увеличили производительность обработки, поскольку



Оборудование: спец. зуборезный станок
Материал: высоколегированная конструкционная сталь, твердость 240-300 НВ
Задача: снизить трудоемкость изготовления детали (зуб полностью шлифовался)
Результат: трудоемкость снижена существенно, шероховатость Ra 1.6



Рис. 12. Проект реализован методом обкатки. Фото из презентации компании «Интехника».

до этого шестерня полностью шлифовалась на зубошлифовальном оборудовании: долгий и дорогостоящий процесс.

В работе на 5-ти координатном оборудовании червячной фрезой требуется обратить внимание на:

— силовые характеристики оборудования: необходимо оценить максимальный крутящий момент, поскольку фрезерование червячной фрезой — это высокомоментная операция, которая производится в случае быстрорежущего инструмента на довольно низких оборотах;

— наличие опции GEAR HOBBING (для точной синхронизации вращения инструмента и детали, это гарантия того, что кинематика станка рассчитана на применение подобного инструмента).

Также Александра сравнила возможности зубофрезерного станка и пятикоординатного станка в плане достижения точности. По ее мнению, основанному на опыте, степень точности обработки на универсальном оборудовании при серийном производстве не может быть выше 9, что соответствует предварительной обработке. Да, 7 степень можно получить, но только при выполнении определенных условий и только для единичного изделия. С чем это связано? Какие есть ограничения? На зубофрезерном станке две опоры, инструмент закреплен максимально жестко, на пятикоординатном станке — крепление инструмента консольное. На зубофрезерном станке угол установки инструмента можно получить чисто программно. На пятикоординатном станке, где есть токарные револьвер и приводные блоки под червячные фрезы, этот угол каждый раз выставляется вручную (!). Если меняется инструмент, у него меняется диаметр, меняется шаг, что влечет за собой новую установку угла. С какой точностью его можно поймать? При установке с помощью синусной линейки, максимально достижимая точность порядка 0,005° или 18 сек. Именно поэтому все производители токарных при-

водных блоков под червячные фрезы говорят, что все-таки это предварительная обработка и 9 степень точности.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗУБООБРАБОТКИ НА АВТОМОБИЛЕСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Опытом зубообработки в рамках автомобилестроительного предприятия поделился **Марат Усманов, начальник управления по развитию «Группы ГАЗ»**.

Из наблюдаемых тенденций: растет номенклатура деталей, партии сокращаются, детали становятся сложнее. В связи с этим были отмечены следующие общие концепции, применяемые при зубофрезеровании и зубошлифовании на предприятии.

Лезвийная обработка зубчатых колес осуществляется на современных зубофрезерных станках с ЧПУ. Применяется принцип концентрации операций (гибридные операции): многовенцовая обработка за одну установку, параллельный процесс зубофрезерования и снятия фасок на торцах зубьев. Время от токарной заготовки до детали с тремя фрезерованными венцами со снятыми по торцам зубьев фасками на двух венцах — 2 мин. 20 сек. Внедрение процесса зубошлифования обеспечило: снижение уровня шума коробок передач на 3–5 дБ; стабильное обеспечение параметров шестерен в соответствии с 6-степенью точности по ГОСТ 1643–81; отсутствие влияния ХТО на параметры зубчатых венцов.

При шлифовании методом обката приоритет отдается высокопроизводительной обработке с использованием многозаходных червячных шлифовальных кругов –3–5 заходов. Имеется опыт работы профильными CBN-кругами. За четырьмя единицами станков закреплены 52 наименования деталей.

**23-27 МАЯ
2022**

**Москва
ЦВК Экспоцентр**

ИНТЕХНИКА®

**ОБРАБОТКА
ЗУБЧАТЫХ
КОЛЕС**

vargus
NEUMO Ehrenberg Group

**Выставка
МЕТАЛЛООБРАБОТКА
ПАВИЛЬОН 7 ЗАЛ 5 СТЕНД 75В70
INTEHNKA.RU**

На операциях зубообработки используются быстро-сменные приспособления, что позволяет производить переналадку на другое наименование детали за 20 минут.

Для обеспечения быстрой переналадки и максимальной эффективности использования режущих инструментов каждый инструмент имеет свою оправку.

Благодаря унификации присоединительных размеров узлов станков и проработке конструкции оснастки имеется возможность использовать имеющуюся оснастку на всех станках и при необходимости производить обработку деталей на любом станке.

На базе зубоизмерительного центра Р40 производства Klingelnberg осуществляются: измерение цилиндрических зубчатых венцов валов и шестерен наружного и внутреннего зацеплений, контроль «замков» и «домиков», деталей типа «муфта синхронизатора», «венцы синхронизатора», измерение инструмента (червяков и червячных колес, измерение червячных фрез, долбяков, шевверов, шероховатости боковых поверхностей зубьев) и др.

НЕСТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ШЕСТЕРЕН

По мнению **Сергея Осипова, Коломенский завод порошковой металлургии (КЗПМ)**, износ парка оборудования, оптимизация производственных мощностей, локализация производства иностранных разработок — все эти факторы способствуют распространению изделий порошковой металлургии (ПМ).

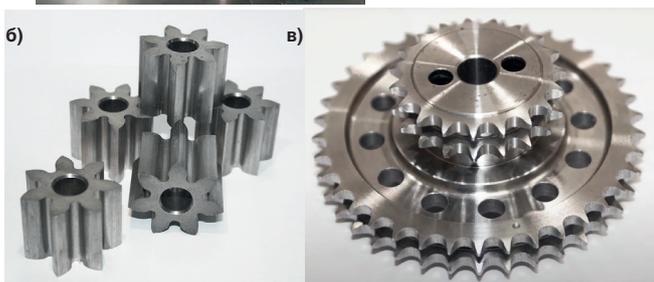
ПМ представляет из себя: холодное прессование изделий в закрытой форме, спекание в защитной атмосфере готовой оболочки, последующая обработка. Последующая обработка предполагает различные виды операций: калибровка (7–8 квалитет), термообработка (закалка, цементация, нитроцементация, пароксидирование), механическая обработка, нанесение гальванических покрытий, вакуумная пропитка маслом.

Примеры производства шестерней с помощью ПМ (рис. 13):

- шестерни для масляных насосов как с внешним зацеплением, так и с внутренним зацеплением — классика;
- относительно ненагруженные прямозубые шестерни редукторов (процесс изготовления включает: прессование,



Рис. 13. Производство шестерней методом ПМ:
а) пресс ТРА 500/4 НР,
б) шестерни для масляного насоса,
в) звездочка промежуточного вала.
Видео и фото: КЗПМ.



спекание, цементацию, шлифовку отверстия и торца для малой шестерни);

- приводные шестерни (процесс изготовления включает: прессование, спекание, калибровку, закалку, галтовку, расточку отверстия и точение торца).

- косозубые шестерни — это отдельная тема, в нашей стране они не производятся из порошков, но они существуют за рубежом.

Тимур Идрисов из компании СЕМАТ отметил в качестве возможных технологий для производства шестерен электроэрозионную и электрохимическую обработку.

Электроэрозионная обработка — процесс управляемого разрушения электропроводных материалов, позволяет обрабатывать закаленные, твердые сплавы, которым трудно и невозможно придать форму традиционными методами. Главный недостаток в том, что наблюдается изнашивание электрод-инструмента. В случае электрохимической обработки инструмент не изнашивается.

Так, компания RENAULT для своего инновационного двигателя разработала зубчатую рейку. Ее было трудно обработать традиционными механическими способами, поэтому использовали электрохимический станок. Электрохимическую обработку можно также использовать для обработки шлицевых соединений. При электрохимической обработке обрабатываются сразу все зубья с обеспечением финишного качества поверхности. В поверхностном слое отсутствуют дефекты, заусенцы, острые кромки, и обеспечивается высокая повторяемость деталей в партии.

Право на использование в серийной обработке заслужил метод электрохимического удаления заусенцев и скругления кромок. Повышение стойкости, прочности и надежности достигается благодаря удалению рисков.

Также Тимур Идрисов отметил, что зубчатые колеса работают в условиях значительных циклических и ударных нагрузок, и для повышения их эксплуатационных характеристик требуется использовать различные способы упрочнения, в т.ч. деформационного. Простой, эффективный, распространенный технологический метод повышения выносливости и износостойкости деталей, предлагаемый компанией, — это обработка дробью, позволяющая упрочнять в том числе крупногабаритные детали. Его недостатки: невозможность равномерной обработки фасонных изделий, частая замена расходных материалов, затраты на ремонт и обслуживание, большая занимаемая площадь.

В свою очередь, другой метод — ультразвуковое упрочнение — отличается компактностью, высокая производительность, простая оснастка. В результате его применения достигается: повышение статической прочности на 10...50%, увеличение циклической долговечности до 10 раз, изменение размеров — 1...2 мкм. Это экономичный и экологически безопасный процесс.

МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

На всех этапах изготовления колес применяются различные технологии измерения.

Денис Косенкин, инженер по продажам MARPOS, рассказал о продукции компании. Например, в процессе изготовления колес диагностическая система ARTIS осуществляет контроль состояния станка и инструмента, контроль и визуализацию процесса, сбор статистики,

анализ процесса. Система акустической эмиссии ЗК для зубошлифовки защищает станок от столкновения из-за ошибки оператора при слишком быстрой подаче круга, способствует сокращению времени обработки. Задача сканирующего датчика G25 — промежуточный операционный контроль на станке. Система на основе вихретокового неразрушающего контроля определяет целостность материала: отсутствие трещин, полостей в поверхностном слое.

После производства колес контроль может осуществляться, например, с помощью простейшей ручной станции M62 для контроля диаметра впадин, вершин, делительного диаметра внешний зацеплений. А такая сложная система, как M62NVH, позволяет производить оценку виброакустического отклика в функциональном поведении отдельных компонентов узлов. Обычно данный метод анализа используется для оценки вибрационных характеристик узлов нагруженных механических трансмиссий. Он позволяет проводить испытания при высоких скоростях (до 2000 об./мин. при постоянной нагрузке) и высоких моментах (от 0 до 20 Нм при постоянной скорости).

Андрей Осокин, инженер по применению MC «Метролоджи» сделал подробный обзор различных способов контроля зубчатых колес.

На производстве применяется: входной, межоперационный и окончательный контроль. Объем контролируемых зубчатых колес при изготовлении устанавливается в зависимости от точности колес и типа производства. Достижимая точность измерительной системы — от 2 до 10 мкм в зависимости от точности зубчатого колеса. Основные размеры зубчатых колес — от 5 мм до 1200 мм в диаметре (порядка 75–80% от всех изготавливаемых). Особенности конструкции и контроля: эвольвентный профиль, наличие мелкого модуля (от 0,3 до 1,5 мм), различные виды зубчатых колес — косозубые прямозубые и косозубые цилиндрические, шевронные, червячные и конические колеса. Основные контролируемые параметры: профиль зуба, направление зуба, шаг, накопленная погрешность шага, размер по роликам, диаметры по вершинам/впадинам, высота зуба, длина общей нормали, биение зубчатого венца.

Существуют различные способы контроля: стационарные КИМ с поворотной головкой и сканирующей системой типа SP25, стационарные КИМ с поворотной головкой и лазерным датчиком, портативные измерительные системы типа «рука», оптические мультисенсорные машины, специализированные измерительные системы (с различными типами сенсора — контактными, бесконтактными и различными системами контроля).

При стационарной КИМ с поворотной головкой и сканирующей системой типа SP25, головкой SP600, SP80 достигается высокая точность: 1–3 мкм. Из мину-



Рис. 14. Существующие специализированные системы контроля. Фото из презентации «MC Метролоджи».

сов — средняя скорость (шестерня 150–200 мм, в трех сечениях профиля по высоте зубчатого венца +базирование: около 6–7 минут).

Стационарные КИМ с поворотной головкой и лазерным датчиком. Их точность зависит от лазера, уровня шумов, применяемой фильтрации, в среднем составляет 10–20 мкм. В зависимости от типа применяемого лазера и степени полировки для измерения может потребоваться матирование. Высокая скорость измерения (шестерня 150–200 мм × 3 сечения около 3–4 минут) — это преимущество, но дальнейшая обработка большого объема облаков точек и ее фильтрация могут занять длительное время.

Портативные измерительные системы типа «рука» измеряют грубее, применяются в основном для крупногабаритных зубчатых колес, которые невозможно загрузить на стационарную измерительную машину. Точность зависит от модели КИМ и размеров измеряемого зубчатого колеса, в среднем составляет 25–100 мкм. Из минусов: для контроля требуется дополнительная оснастка, низкая скорость измерения, т.к. все манипуляции выполняются вручную; невозможность контролировать все параметры зубчатых колес.

Оптические мультисенсорные машины имеют высокую точность измерения (от 1 мкм). Но из минусов: ограниченный измерительный объем ввиду того, что рабочий стол выполнен из стекла; низкая скорость (зависит от типа зубчатых колес, но в среднем в 3–5 раз медленнее контактных КИМ); проблема базирования (нужен переход/связка от одной части детали к другой с применением контактного датчика).

Специализированные измерительные системы, в которых могут применяться различные сенсоры, системы базирования, оснастка. Примером высокоскоростной системы контроля зубчатых колес, может быть Wenzel GT (рис. 14, слева). Применяется в первую очередь для цилиндрических конических зубчатых колес (прямой/косой зуб), а также незаменима для контроля конических зубчатых колес. Основные технические характеристики: измерительный объем: до 1200 мм в диаметре, высота зубчатого венца до 1500 мм; погрешность измерения от 1,8 мкм + L/350.

В качестве заключения хочется отметить, что организованная в формате круглого стола дискуссия была интересна и полезна не только для слушателей, но и способствовала конструктивному диалогу выступающих экспертов, которые затронули различные аспекты внедрения сложных зубообрабатывающих технологий, дополняя друг друга и даже отмечая пути партнерства.

Видеозапись мероприятия по ссылке:

<https://www.youtube.com/watch?v=-ldLu0RNXLQ&t=7063s>

Следующая конференция будет посвящена вопросам цифровизации в металлообрабатывающей отрасли и пройдет в рамках выставки «Металлообработка–2022» 25 мая с 10.00 до 17.00 в Москве (ЦВК «Экспоцентр») в павильоне 4, где уже второй год подряд НСПОИМ организует тематическую экспозицию «Индустрия 4.0». Экспозиция открыта к посещению с 23 по 27 мая.

Подробная информация о выставке и конференции представлена на сайте: www.4-0-industry.ru/

Татьяна Карпова



ОБЪЕДИНЯЕМ УСИЛИЯ С ЦЕЛЮ РАЗВИТИЯ РЫНКА СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ



ООО «Уай Джи Уан Рус»
www.yg1.ru

Ведущий в мире производитель металлорежущего инструмента. YG-1 входит в топ-5 компаний мира, производящих концевые фрезы и занимающихся их продажей. Также она занимает первое место в Корее в данном сегменте.



ООО «Интехника»
www.intehnika.ru

ООО «Интехника» — российская компания, горизонтально интегрирующая возможности ряда мировых производителей в единой концепции работ, направленных на оснащение производств металлорежущим и вспомогательным инструментом, оснасткой.



ООО «МТ Машинери»
millturn.ru

Торгово-инжиниринговая компания, которая занимается поставкой современного металлообрабатывающего оборудования. Компания создана командой профессионалов, работающих на рынке машиностроительного оборудования более 25 лет.



ООО «БамГрупп»
bamgroup.ru

Компания «БамГрупп» основана в 2006 году командой инженеров, специалистов по промышленному оборудованию, станкам и инструменту. Нашими клиентами являются предприятия аэрокосмической отрасли, приборостроительные предприятия.



ООО «Юмак»
u-mac.ru

Компания «ЮМАК» — команда профессионалов в сфере комплексных поставок металлообрабатывающего оборудования, инструмента, оснастки, приспособлений и инжиниринговых услуг, а также услуг по ремонту и техническому обслуживанию.



ПРОМОЙЛ

ООО «Промойл»
promoil.com

Компания «Промойл» 21 год поставляет металлообрабатывающее оборудование: токарные, фрезерные, горизонтально-расточные станки и комплектующие в Россию и СНГ и занимает лидирующую позицию по ввозу оборудования в Россию.



ООО «МАРПОСС»
marposs.com

MARPOSS — мировой лидер в области измерений, инспекций и испытаний. Международная организация, способная осуществлять поставки прикладных технологий, технических решений и технической поддержки практически в любой точке земного шара.



ООО «КОМПАНИЯ
«ПРОМАРСЕНАЛ»
promarsenal.ru

Компания является специализированной торговой организацией, деятельность которой основана на обеспечении предприятий инженерно-техническими решениями, металлообрабатывающим оборудованием, инструментом, материалами и запасными частями.



ООО «БИ ПИТРОН СП»
beepitron.com

«Би Питрон» — одна из первых компаний в России и СНГ, которая начала деятельность по техническому переоснащению промышленных предприятий. С 1992 года мы осуществляем поставку и внедрение под ключ систем PDM/CAD/CAE/CAM от мировых производителей ПО.



ООО «ФФГ РУС»
ffg-russia.ru

Официальное представительство Fair Friend Group в России. Ведущий в мире промышленный холдинг, в который входит более 80 компаний, работающих в области станкостроительных технологий.



ООО
«Санкт-Петербургская
инструментальная
техника»
spb-inteh.ru

«Санкт-Петербургская инструментальная техника» занимается комплексным оснащением российских предприятий импортным металлорежущим и деревообрабатывающим инструментом. Успешный опыт технических решений с 2001 года.



ООО «ТПК «ПЕГАС»
pegas.company

Компания «Пегас» успешно занимается поставкой металлорежущего инструмента и оборудования с 2006 года. За время своего существования компания сделала большой шаг вперед и предлагает комплекс услуг: от продаж инструмента и оборудования до внедрения деталей на производстве.



ООО «Хермле Восток»
www.hermle-vostok.ru

Девиз компании Hermle AG «Фрезеровать лучше» ясно это демонстрирует. Компания предлагает высокопроизводительные и самые современные обрабатывающие центры, занимающие лидирующие позиции как внутри страны, так и за рубежом.



ООО «4А Созвездие»
4a-sozvezdie.ru

Одна из лидирующих и динамично развивающихся компаний России в сфере металлообработки. Компания на протяжении многих лет является отечественным производителем металлорежущего инструмента и партнером ведущих мировых производителей.



ООО «СИТЕК РУС»
sitek-group.com

Группа компаний «СИТЕК» — современный инженеринговый центр компетенции в области металлообработки резанием. В распоряжении «СИТЕК» производственная площадка, технический центр в Минске, а также офисы в России и на Украине.



ООО ИК «СВС»
www.iksvs.ru

Инструментальная компания «СВС» с 1995 года обеспечивает лучший сервис в поставках металлорежущего инструмента, станочной и инструментальной оснастки, ленточных и дисковых пил, а также других видов продукции.



ООО «КЕМППИ»
www.kemppi.com/ru

Кемппи — ведущий разработчик в отрасли дуговой сварки. Мы постоянно создаем новые технологии сварки, повышающие качество и производительность труда. Кемппи поставляет инновационные продукты, цифровые решения и услуги для профессионалов.



ООО «Вадза»
vadza.com

Начиная с поставок металлорежущего инструмента, мы постепенно добавили в свой пакет измерительный инструмент, оснастку, программные продукты, металлорежущее оборудование, СОЖ, материалы, а также решения для контроля за оборудованием.



DMG MORI

ООО «ДМГ Мори Рус»
ru.dmgmori.com

Группа компаний DMG MORI является ведущим мировым производителем токарных, фрезерных и шлифовальных станков, а также станков для лазерной и ультразвуковой обработки. Кроме того, DMG MORI предлагает станки для аддитивного производства.

OTCS
TECHNOLOGY

ООО «ОТС-Технологии»
otst.ru

Компания основана в 2005 году как официальный технический дилер компании SANDVIK на территории Уральского федерального округа. На сегодняшний день в портфеле наших поставщиков более 15 торговых марок инструмента, оснастки и оборудования.

ИНКОР
металлообрабатывающее
оборудование, сервис,
комплектующие

ООО «Инкор»
www.in-core.ru

С 2014 года компания «Инкор» организует подбор, поставку, монтаж, запуск и обслуживание современного металлообрабатывающего оборудования: токарных и фрезерных обрабатывающих центров, шлифовальных и эрозионных станков, специального оборудования и оснастки.

Starlex
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА

ООО «Старлекс»
www.starlex.ru

Starlex Group работает в области поставок высокотехнологического промышленного оборудования, расходных материалов и программных решений для обработки металла, а также осуществляет весь спектр услуг по внедрению оборудования в производственный процесс.

АЛЬЯНС

ООО «Альянс»
stankialiance.ru

Компания поставляет и обслуживает станки и оборудование европейских производителей. Совместно с поставкой оборудования мы оказываем весь спектр сопутствующих услуг и технологических решений от выбора типа оборудования и инструмента до запуска оборудования в производство.

РАЗМЕР
РАЗУМНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

ООО «Разумные
механические решения»
razmergroup.ru

ООО «Разумные механические решения» — молодое предприятие, основанное специалистами с 15-летним опытом инженерного консалтинга в сфере поставок высокотехнологического оборудования и внедрения передовых производственных систем.

ARNO
WERKZEUGE

ООО «АРНО РУ»
www.arnoru.ru

ARNO-Werkzeuge сочетает немецкие традиции и самые современные технологии металлообработки, что позволяет нам представлять из года в год новый, высокопроизводительный инструмент, который удовлетворяет самым высоким требованиям, предъявляемые к металлорежущему инструменту.

АТМ

ООО «АТМ ГРУПП»
atmt.ru

«АТМ Групп» — одна из ведущих инженеринговых компаний, эксклюзивный представитель концерна HYUNDAI WIA — мирового производителя токарных и фрезерных обрабатывающих центров, а также швейцарского производителя микроэлектроэрозионных станков SARIX.

МС
Метролоджи

ЗАО «КАМАДИ»
www.metrologi.ru

«МС Метролоджи» разрабатывает и внедряет технологии контроля качества в области линейно-угловых измерений для различных областей промышленности. Мы оказываем комплексные услуги по выбору, поставке и внедрению измерительных систем и другого метрологического оборудования «под ключ».

EWS
Tool Technologies

ООО «ЕВС»
ews-rusland.ru

Концерн EWS специализируется на изготовлении оснастки для станков: держателей неподвижного инструмента, приводных блоков и систем быстрой смены инструмента. Предприятие основано в 1960 г. В юбилейном 2010 году была открыта дочерняя компания в Российской Федерации — EWS Rusland.

	ЗАО «Хoffмманн профессиональный инструмент» hoffmann-group.ru
<p>«Хoffмманн профессиональный инструмент» является российским подразделением немецкого холдинга Hoffmann Group — ведущего европейского комплексного поставщика высококачественного инструмента, обладающего высокой компетентностью в сфере торговли, производства и сервисного обслуживания.</p>	

	ООО «УНИМАТИК» unimatic.ru
<p>Компания «Униматик» с 2000 года оказывает комплексные инженеринговые услуги по техническому перевооружению машиностроительных предприятий России и стран СНГ. В настоящее время компания занимает 3–4-е место в отрасли по доле рынка РФ.</p>	

	АО «ТЕСТРОН» www.testron.ru
<p>Ассоциация научно-технического сотрудничества «ТЕСТРОН» — это ведущий отечественный производитель оборудования неразрушающего контроля для промышленности и систем безопасности.</p>	

	ООО «МОНОЛИТ» monolithus.ru
<p>ООО «Монолит» — российская компания, основанная в Санкт-Петербурге в 2015 году. Сотрудники компании занимаются инженерингом и поставками промышленного оборудования более двадцати лет.</p>	

	ООО «Спецпроминструмент» spec-prom.ru
<p>ООО «Спецпроминструмент» осуществляет комплексные поставки металлорежущего, слесарно-монтажного и пневматического инструмента отечественных и импортных производителей.</p>	

	ООО «АС ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ» www.asitr.ru
<p>«АС ИТР» специализируется на производственных решениях в области обработки композитов и металлов резанием, оснащении нового и уже имеющегося обрабатывающего оборудования, роботизации процессов, а также повышения эффективности производства.</p>	

	ООО «ЦИ-КЛОН»
<p>Проектирование, производство и переточка металлорежущего инструмента из твердых сплавов и быстрорежущих сталей, нанесение износостойких покрытий. Собственное производство в РФ</p>	

	ООО «СтанкоМашСтрой» 16k20.ru
<p>Современное высокотехнологичное предприятие по производству металлообрабатывающего оборудования: от простых механических станков (аналогов 16k20) до высокоточных обрабатывающих центров VTM</p>	

	ООО «ТЕХНОЛОГ» technologist.su
<p>ООО «ТЕХНОЛОГ» — российская компания, специализирующаяся на комплексной поставке и внедрении металлорежущего инструмента, оснастки, станков и оборудования на металлообрабатывающие предприятия.</p>	

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ	
<p>Для успешного развития металлообрабатывающей отрасли Союз выступает за обеспечение равных условий конкуренции для всех участников отрасли, установление взаимовыгодного сотрудничества и джентльменской конкуренции между предприятиями и поставщиками отрасли.</p>	
nspoim.ru	



ГИБРИДНАЯ ЛАЗЕРНО-ДУГОВАЯ СВАРКА НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ВОЛОКОННЫМИ ЛАЗЕРАМИ

Технология гибридной лазерной сварки с использованием волоконного лазера и оптической сварочной головки производства НТО «ИРЭ-Полюс» применена для сварки стыковых и тавровых сварных соединений из низколегированных сталей марки 09Г2С (К52) и 10Г2ФБЮ (К60) толщинами от 8 до 16 мм. Сварка выполнялась на скоростях от 1,0 до 2,5 м/мин при мощности лазерного излучения до 10 кВт. Получены сварные швы со стабильным формированием и высокими механическими свойствами.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время гибридную лазерно-дуговую сварку применяют в различных отраслях промышленности, где требуется обеспечить высокую производительность и качество сварных швов [1]. В сравнении с традиционно применяемой дуговой сваркой плавящимся электродом (MIG/MAG) технология позволяет увеличить толщину свариваемого металла за один проход, повысить скорость сварки, снизить остаточные напряжения, за счет использования при сварке разделки без скоса кромок значительно сэкономить сварочные материалы. В сравнении с лазерной сваркой гибридный способ сварки, за счет ввода в сварочную ванну дополнительной энергии в виде сварочной дуги, позволяет обеспечить более мягкие термические циклы лазерной сварки. Благодаря этому на больших скоростях сварки получается микроструктура сварного шва без закалочных структур либо с меньшим их количеством, что обеспечивает высокую физико-механическую прочность сварных соединений [2].

Известно, что технологию гибридной лазерно-дуговой сварки в мировой промышленности реализуют чаще всего с применением волоконных лазеров IPG, так как волоконные лазеры IPG — высокоэффективные и надежные устройства, излучение которых без потери качества может передаваться по оптическому волокну.

В России с 1991 года производителем волоконных лазеров IPG является компания НТО «ИРЭ-Полюс» (Московская область, г. Фрязино) с локализацией выпускаемых компонентов лазеров 94%. Компания также, изготавливает

оптические головки для различных процессов лазерной обработки (резки, сварки, наплавки, термообработки и т.д.) и промышленные лазерные комплексы — роботизированные, порталные, консольные.

НТО «ИРЭ-Полюс» имеет большой опыт в области разработки и внедрения лазерных технологий обработки материалов: резки, сварки, наплавки, термообработки.

В данной статье представлены результаты исследований сварных швов, полученных технологией гибридной лазерно-дуговой сварки на стыковых и тавровых соединениях пластин из низколегированных сталей толщиной 10, 12 и 16 мм.

ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Гибридную лазерно-дуговую сварку стыковых и тавровых соединений выполняли на роботизированном комплексе производства НТО «ИРЭ-Полюс» FL-Weld-R 60–10 (рис. 1). Данный комплекс оснащен волоконным лазером YLS-10000, сварочной оптической головкой FLW D50 (рис. 2) и инверторным сварочным источником с водоохлаждаемой горелкой MIG/MAG. Позиционирование и перемещение сварочной головы относительно свариваемого стыка производилось промышленным роботом KUKA KR60.

Стыковые сварные соединения

Гибридная лазерная сварка стыковых соединений выполнялась на пластинах из сталей марки 09Г2С и 10Г2ФБЮ (К60) толщинами 8, 12 и 16 мм с разделкой без скоса кромок в нижнем положении за один проход. Гибридный процесс реализовывался совмещением лазерного луча со сварочной дугой с плавящимся электродом (лазер+MAG). Использовалась сварочная проволока, применяемая при дуговой сварке данных сталей. Скорость сварки в зависимости от толщины свариваемых пластин составляла от 1,0 до 2,5 м/мин. Сборка пластин осуществлялась с зазором до 1,0 мм. Получены сварные швы со стабильным формированием, внешний вид представлен на рис. 3.

Тавровые сварные соединения

Гибридная лазерная сварка тавровых соединений производилась на пластинах из стали марки 09Г2С толщиной



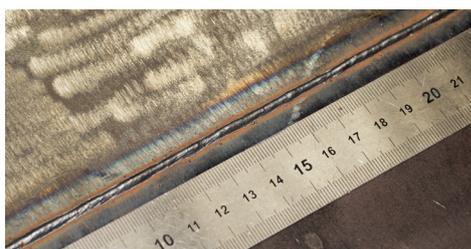
Рис. 1. Роботизированная ячейка гибридной лазерно-дуговой сварки FL-Weld-R 60-10



Рис. 2. Волоконные лазеры серии YLS и оптическая сварочная голова FLW D50



Лицевая сторона сварного шва



Обратная сторона сварного шва

Рис. 3. Внешний вид сварного шва, полученного гибридной лазерной сваркой на стыковых соединениях пластин с разделкой без скоса кромок

12 мм после лазерной резки, сборка производилась с зазором до 1,0 мм. Данная технология реализовывалась путем наклона лазерного луча на минимально возможный угол по отношению к нижней пластине для полного провара торцевой пластины и подводом сварочной дуги со стороны лазерного луча (рис. 4). Угла наклона луча 6°–15° достаточно для полного проплавления стенки тавра [3].

Сварка производилась на скорости до 1,2 м/мин. На тавровом соединении получены сварные швы со стабильным формированием катета с лицевой стороны и валика с обратной стороны шва. Внешний вид представлен на рис. 5.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Из полученных сварных соединений изготовлены макрошлифы, представленные на рис. 6 и 7. На макрошлифах видно, что на стыковых соединениях сварные швы имеют усиление лицевой части до 2,3 мм, а в корневой части сформирован обратный валик. На тавровых соеди-

нениях получен сварной шов с катетом высотой до 6 мм. Ширина узкой части сварных швов, образуемая лазерным лучом, находится в пределах 1,5–2,0 мм.

Исследованы механические свойства стыковых сварных швов, полученных гибридной лазерной сваркой. Измерена твердость основных участков сварного шва [4], проведены испытания на статическое растяжение и ударный изгиб [5].

Твердость металла шва и околошовной зоны сварных швов не превышает 270HV10, что свидетельствует об отсутствии закалочных структур в сварных швах [6]. На стыковых сварных соединениях пластин из стали 09Г2С твердость металла шва находилась в области от 220HV10 до 260HV10, в околошовной зоне — не более 266HV10. На сварных швах, полученных на пластинах из стали 10Г2ФБЮ, твердость металла шва составила 232–250HV10, в околошовном участке не превысила 268HV10. Твердость металла шва таврового сварного соединений находилась в диапазоне 238–248HV, твердость ЗТВ не превышала значения 257HV.

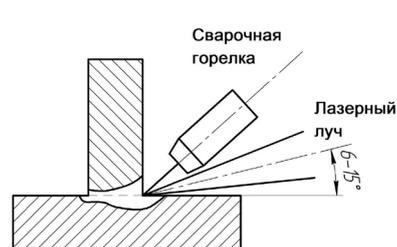
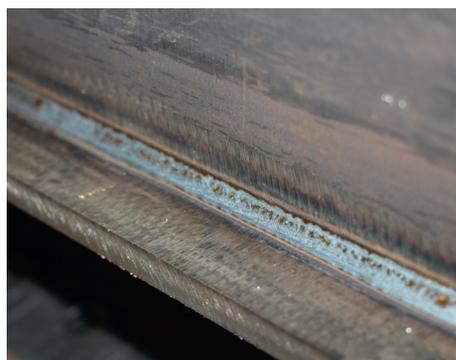
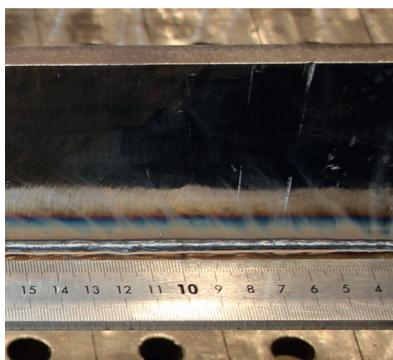


Рис. 4. Схема гибридной лазерной сварки таврового сварного соединения



Лицевая сторона сварного шва



Обратная сторона сварного шва

Рис. 5. Внешний вид сварного шва, полученного гибридной лазерной сваркой на тавровых соединениях пластин после лазерной резки

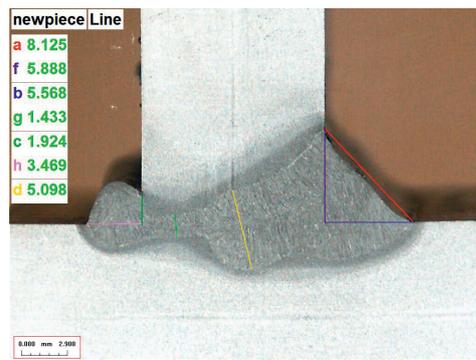
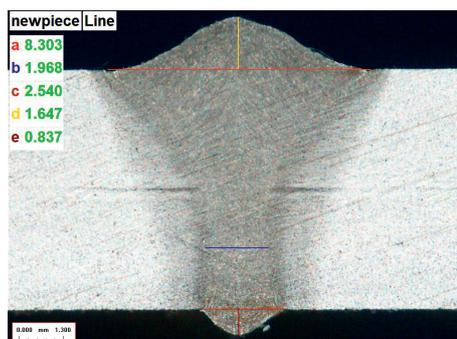
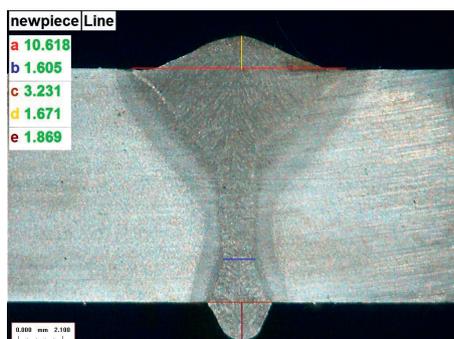


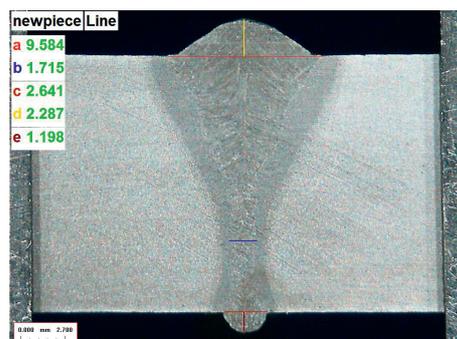
Рис. 7. Макрошлиф таврового сварного шва, выполненный гибридной лазерной сваркой на скорости сварки 1,0 м/мин на пластинах толщиной 12 мм



8мм 09Г2С, $V_{св} = 2,5$ м/мин



12 мм К60, $V_{св} = 1,2$ м/мин



16 мм К60, $V_{св} = 1,0$ м/мин

Рис. 6. Макрошлифы стыковых сварных швов, выполненных гибридной лазерной сваркой на скорости сварки от 1,0 до 2,5 м/мин на пластинах толщинами 8, 12 и 16 мм



Рис. 8. Результаты испытаний на статическое растяжение стыкового сварного соединения пластин из стали 10Г2ФБЮ (К60) толщиной 16 мм, выполненного гибридной лазерной сваркой

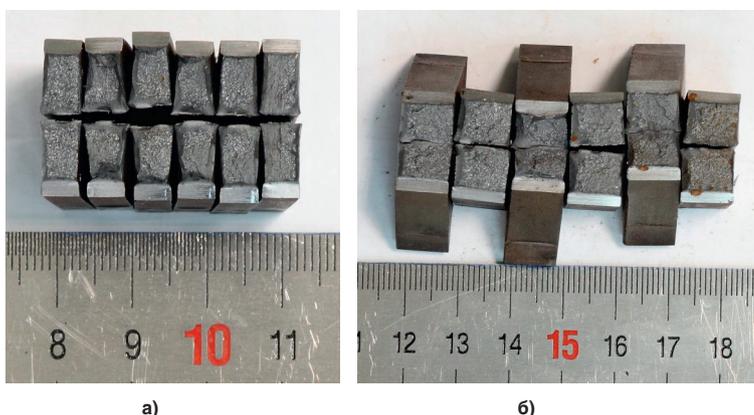


Рис. 9. Поверхность излома образцов стыковых сварных соединений пластин: а) 09Г2С (К52) толщиной 8 мм; б) 10Г2ФБЮ (К60) толщиной 16 мм

Испытания на статическое растяжение стыковых сварных соединений, полученных гибридной лазерной сваркой, показали равнопрочность с основным металлом (рис. 8) как на пластинах из конструкционной стали 09Г2С, так и 10Г2ФБЮ.

Испытания на ударный изгиб проводились на образцах с V-образным концентратором при температуре -52° . По результатам серии из трех испытаний образцов с надрезом по линии сплавления и металла шва получены средние значения ударной вязкости (таблица 1). Данные значения превышают 27 Дж/см^2 , что соответствует требованиям к сварным соединениям при изготовлении ответственных сварных конструкций. Характер излома испытанных образцов с надрезом в линии сплавления и металле шва вязко-хрупкий (рис. 9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С применением технологии гибридной лазерно-дуговой сварки на оборудовании производства НТО «ИРЭ-Полюс» (волоконный лазер YLS-10000, сварочная оптическая голова FLW D50) за один проход на скоростях до 2,5 м/мин получены стыковые и тавровые сварные соединения пластин из низколегированных конструкционных сталей толщиной до 16 мм.

2. Полученные гибридной лазерной сваркой сварные швы имеют высокие механические свойства, показавшие

Таблица 1. Средние значения ударной вязкости гибридных сварных швов при температуре испытаний -52°

Марка стали	Толщина стали, мм	Металл шва, Дж/см ²	Линия сплавления, Дж/см ²
09Г2С (К52)	8	70,2	89,0
	12	72,9	54,1
	16	133,3	124,5
10Г2ФБЮ (К60)	8	105,8	61,3
	12	30,1	57,7
	16	73,5	84,8

при испытаниях равнопрочность с основным металлом, твердость не более 270HV10 и значения ударной вязкости при температуре испытаний -52° для стали 09Г2С (К52) — не менее 54 Дж/см^2 , для стали 10Г2ФБЮ (К60) — не менее 30 Дж/см^2 .

А. А. Васильев, Н.В. Грезев, М.А. Мурзаков, А.А. Осинников, А.И. Горский

Литература

- Кривцун И.В., Хаскин В. Ю., Коржик В. Н., Цзыи Ло. Промышленное применение гибридной лазерно-дуговой сварки // Автоматическая сварка. 2015. № 7. С. 44–50.
- А. П. Бушма, Е. Н. Бердникова, В. Ю. Хаскин, В. Д. Позняков, В. Н. Сидорец. Влияние погонной энергии гибридной лазерно-дуговой сварки на структуру и механические свойства сварных соединений высокопрочных сталей // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Стародубовские чтения. 2015. Вып. 80. С. 105–111.
- Unt A. Faber laser and hybrid welding of T-joint in structural steels // Lappeenranta. 2018. 52 p.
- ГОСТ 2999–75. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу.
- ГОСТ 6996–66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
- Ефименко Л.А., Нейфельд О. И., Ботвинников А. Ю. Исследование особенностей кинетики распада аустенита при сварке стали 10Г2ФБЮ // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2008. № 5. С. 47–48.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КИСЛОРОДНО-ФЛЮСОВАЯ РЕЗКА ГОРЯЧИХ СЛЯБОВ

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В РОССИИ РЯД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОВОДИТ МОДЕРНИЗАЦИЮ СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТАНОВОК НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ МОЩНОСТЯХ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ ИЗ ХРОМИСТЫХ И ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ. В СВЯЗИ С ЭТИМ АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИОБРЕТАЕТ ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕССА КИСЛОРОДНО-ФЛЮСОВОЙ РЕЗКИ СЛЯБОВ, БЛЮМСОВ ИЛИ СОРТОВЫХ ЗАГОТОВОК. СООТВЕТСТВЕННО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭТОЙ ЗАДАЧИ ТРЕБУЕТСЯ УСТАНОВКА НА МГР СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩЕГО РЕШИТЬ ПОСТАВЛЕННЫЕ ЗАДАЧИ. РАССМОТРИМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА, ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КИСЛОРОДНО-ФЛЮСОВОЙ РЕЗКИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ УСТАНОВКИ НА МГР МНЛЗ.

Прежде чем приступить к рассмотрению непосредственно процесса автоматизированной кислородно-флюсовой резки сталей в установках непрерывной разливки стали (УНРС), остановимся на физико-химических особенностях, определяющих технологию кислородно-флюсовой резки сталей с высоким содержанием хрома и никеля в качестве легирующих элементов.

Самым эффективным и производительным процессом разделки сталей толщиной более 50 мм является кислородная резка (рис. 1, 2), а при резке горячих слябов в процессе выпуска в установках непрерывной разливки сталей она является фактически единственным методом, который поддается высокой степени автоматизации.

Для нормального протекания процесса кислородной резки свойства металла должны удовлетворять следующим условиям:

- температура воспламенения разрезаемого металла в среде кислорода должна быть ниже температуры его плавления, так как в обратном случае вместо резки будет происходить выплавление металла;

- количество теплоты, выделяемой в процессе кислородной резки, должно быть достаточным для нагрева смежных участков до температуры его воспламенения и поддержания непрерывности процесса резки; кроме этого, теплопроводность металла должна быть незначительной, чтобы не препятствовать его нагреву в зоне реза;

- температура плавления окислов металла должна быть ниже температуры плавления самого металла и ниже

температуры, возникающей в процессе резки в зоне горения металла, в противном случае образующиеся тугоплавкие окислы, не обеспечивая жидкотекучесть, не будут удаляться из реза и будут препятствовать дальнейшему процессу окисления металла;

- в состав металла, подвергающегося кислородной резке, не должны входить легирующие элементы, образующие тугоплавкие окислы, в количествах, затрудняющих резку.

Данные условия выполняются при кислородной резке малоуглеродистых низколегированных сталей. Нормальное протекание процесса кислородной резки углеродистых сталей обеспечивается за счёт того, что при температуре воспламенения железа ниже температуры плавления, сталь загорается в струе режущего кислорода, при этом образуется шлак, который, расплавляясь, удаляется под действием струи кислорода, а кислород вступает во взаимодействие со следующим слоем стали, обеспечивая непрерывность процесса.

Однако не все стали можно разрезать кислородом. Стали с высоким содержанием хрома (более 4...6%) и никеля (более 10...12%) не поддаются обычной кислородной резке, так как благодаря наличию хрома и никеля на поверхности металла в зоне реза образуется тугоплавкая газонепроницаемая окисная плёнка с высокой температурой плавления (для окисла хрома Cr_2O_3 — 2270°C, для окисла никеля NiO — 1985°C, температура плавления хрома — 1885°C и никеля — 1452°C). В образующейся плёнке хромисто-



Рис. 1. МГР для кислородной резки слябов

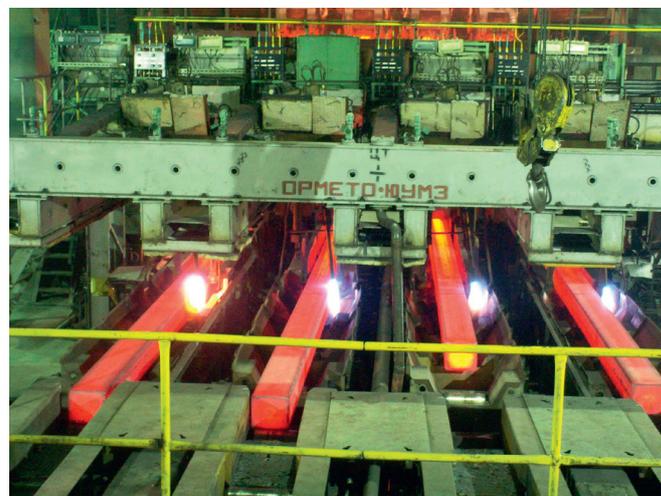


Рис. 2. МГР четырехручьевого МНЛЗ кислородной резки блюмсов (толщина резки до 300 мм)

железистых окислов окиси хрома содержится столько же, сколько хрома содержится в стали (аналогично по никелю). Например, температура плавления хромистых железняков при содержании хрома в стали порядка 20% составляет около 2000°C, что значительно превышает температуру плавления резаемой стали. Наличие такой плёнки исключает последовательное окисление стали кислородной струёй в зоне реза, прекращается горение железа, и, соответственно, прекращается выделение теплоты и расплавление металла, кроме этого, происходит отвод тепла в соседние участки металла, и значительное количество тепла теряется из-за охлаждающего действия струи режущего кислорода, что приводит к остановке процесса резки.

Для того чтобы выполнить кислородную резку высоколегированных сталей, необходимо обеспечить расплавление и перевод в шлак тугоплавких окислов, образующихся в процессе резки. Их можно удалить переводом в более легкоплавкие соединения и дополнительным нагревом до высоких температур. Для реализации этой цели применяют кислородно-флюсовую резку, при которой в зону реза кроме кислорода подаётся флюс в виде железного порошка определённой фракции, назначением которого является повышение температуры в зоне реза до 2200 ... 2400°C за счёт реакции горения железа в кислороде и разжижение образующихся густотекучих окислов с высокой температурой плавления за счёт увеличения содержания железа в хромистожелезистых и никележелезистых окислах, доведения его до уровня менее 4% хрома или 10% никеля, что позволит вести резку высоколегированной стали (рис. 3).

При создании оборудования для кислородно-флюсовой резки для установок непрерывной разливки сталей необходимо учитывать условия, в которых оно будет эксплуатироваться:

— эксплуатация оборудования производится в тяжёлых условиях непрерывного производственного цикла, оборудование должно обеспечить длительную непрерывную работу;

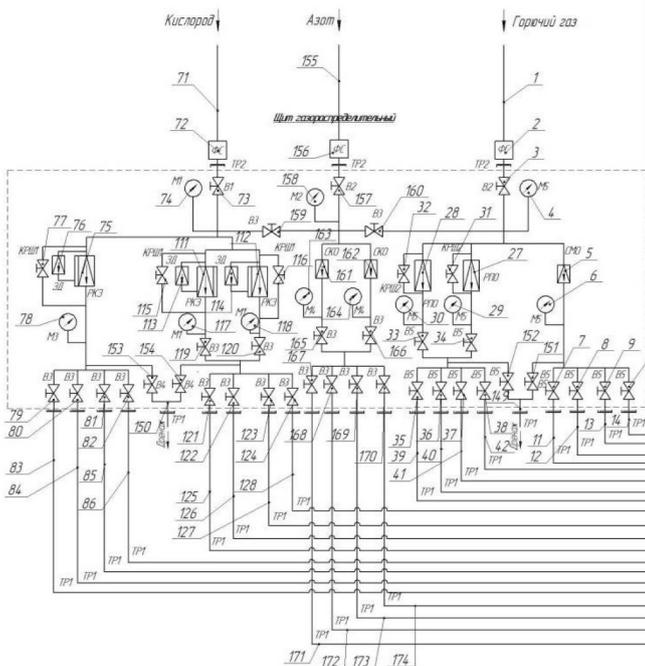


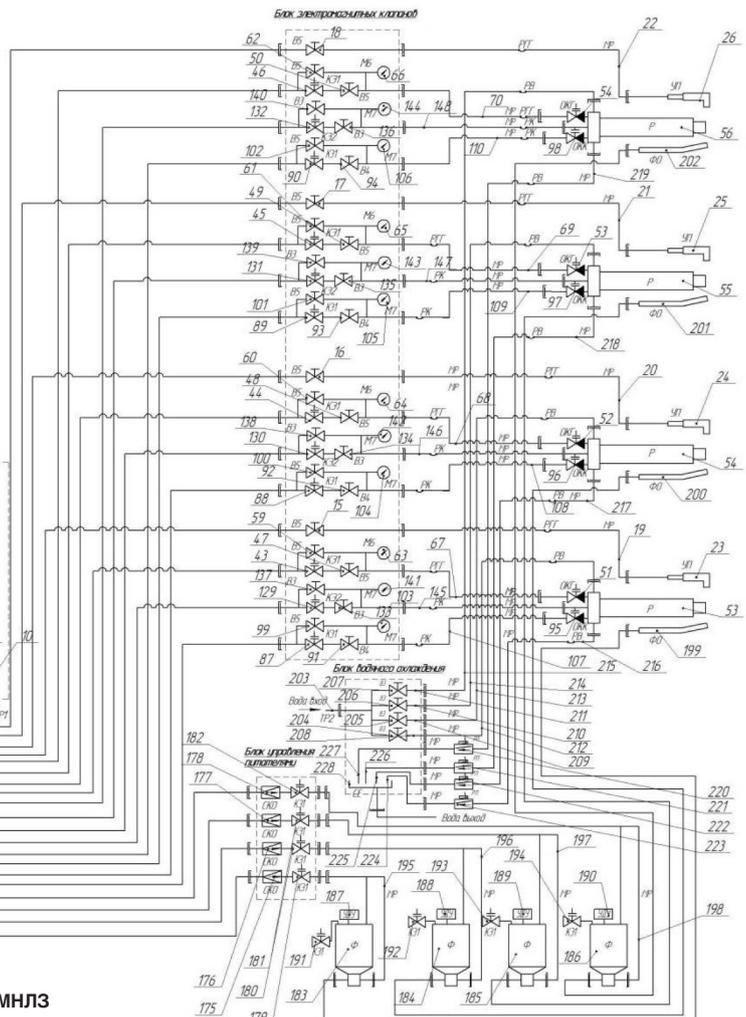
Рис. 4. Схема подачи газов и воды на комплекс оборудования МГР МНЛЗ



Рис. 3. Резка сляба из высокоуглеродистой стали на УНРС вертикального типа

- работа оборудования происходит при повышенных и высоких температурах окружающей среды;
- часть оборудования работает в непосредственной близости к горячему металлу с температурой поверхности 700...1000°C;
- при работе необходимо обеспечить бесперебойное автоматизированное управление работой оборудования, последовательность его включения — выключения в течение всего технологического цикла;
- оборудование должно иметь возможность быстрой замены вышедших из строя или изношенных деталей или узлов.

Основываясь на технологических требованиях к кислородно-флюсовой резке высоколегированных сталей и условиях работы машин газовой резки (МГР) при получении слябов на установке непрерывной разливки сталей, можно приступить к формированию комплекса оборудования для МГР для первичной и вторичной порезки слябов.



Предохранительный клапан с разрывной мембраной срабатывает в случае повышения давления газа в питателе выше допустимого, и газ с избыточным давлением выбрасывается в атмосферу.

Блок управления питателями МГР МНЛЗ

Блок управления питателями МГР МНЛЗ (рис. 8) встраивается в работу АСУТП МНЛЗ. Блок управления питателями располагается в металлическом шкафу с прозрачной дверцей (степень защиты IP54), в котором расположены сетевые редукторы, предназначенные для регулировки давления азота, подаваемого к флюсопитателям, и электромагнитные клапаны, включающие — выключающие подачу азота.

На боковой стенке шкафа установлены ШР-разъёмы: для подключения электромагнитных клапанов сброса азота и для подключения ультразвуковых датчиков уровня порошка, установленных на крышке питателя.

На верхней стенке шкафа установлены два ШР-разъёма:

- для подключения в линию АСУТП ультразвуковых датчиков уровня порошка;
- для подключения в линию АСУТП электромагнитных клапанов сброса азота и электромагнитных клапанов подачи азота на флюсопитатели.

Для соединения ШР-разъёмов внутри шкафа выполнена разводка проводами согласно электрической принципиальной схеме и электрической схеме соединений.

На съёмной панели шкафа закреплены сетевые редукторы, обеспечивающие поддержание заданного давления в магистралях на флюсопитатели. Величину давления в магистралях определяют по манометрам, установленным на редукторах. К выходам редукторов через переходники закреплены два электромагнитных клапана, обеспечивающие пуск и прекращение подачи азота на флюсопитатели.

Блок управления питателями соединён с электромагнитными клапанами и ультразвуковыми датчиками уровня, установленными на питателях, кабелями, которые присоединяются к блоку управления через ШР-разъёмы, расположенные на боковой стенке шкафа блока управления флюсопитателями.

РАСЧЁТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КИСЛОРОДНО-ФЛЮСОВОЙ РЕЗКИ СЛЯБОВ В МНЛЗ

Определение расхода режущего кислорода

Расход режущего кислорода складывается из расхода кислорода на окисление металла и кислорода на выдувание шлака из реза под динамическим действием режущей струи. Оптимальный расход кислорода в единицу времени можно в первом приближении считать не зависящим от скорости резки и допустимого отставания струи, а пропорциональным толщине и температуре разрезаемой стали:

$$V_{кр.} = 3,3 \cdot (60 \cdot \delta - 1400) / \sqrt{T_s \cdot (T_s - T_m)}, \quad (1)$$

где: T_s — температура металла в зоне реза $\approx 1600^\circ\text{C}$; T_m — температура металла перед резкой, $^\circ\text{C}$; δ — толщина металла, мм.

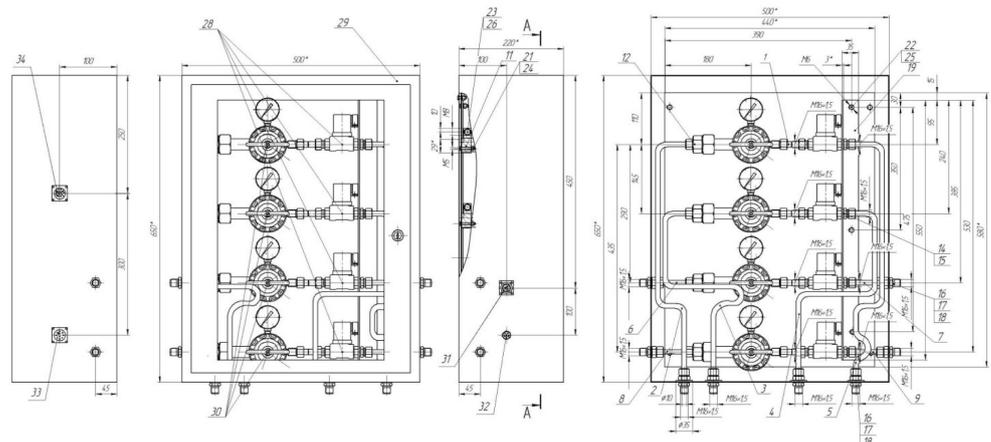


Рис. 8. Блок управления питателями

Для поддержания высокой скорости резки слябов при условии большого расстояния мундштука резака над металлом рекомендуется при расчёте каналов режущего кислорода в мундштуке увеличивать расход режущего кислорода в 1,5...2 раза. Рёсчет каналов мундштука ведётся исходя из наибольшей потребности режущего кислорода.

Определение расхода горючего газа и подогревающего кислорода

Основное назначение подогревающего пламени — нагреть начальный участок поверхности разрезаемого металла до температуры, при которой металл воспламеняется в струе режущего кислорода.

Кроме этого, подогревающее пламя подогревает переднюю верхнюю кромку впереди струи режущего кислорода до температуры воспламенения и вводит в зону реза дополнительное тепло, что активизирует реакцию окисления за счёт компенсации теплоотвода в металл и окружающую среду. Расход горючего газа определяется по следующей формуле:

$$V_{гр} = 8,5 \cdot 10^{-3} \cdot \psi \cdot k_p \cdot k_m^{-1} \cdot k_T^{-0,5} \cdot (\delta + 100), \quad (2)$$

где: ψ — коэффициент замены ацетиленом примененным горючим газом (природным газом), для которого $\psi = 1,6$; k_p — коэффициент расстояния (расстояние между мундштуком резака и поверхностью металла) определяется по следующей формуле:

$$k_p = 1 + 0,01 \cdot (H - 10), \quad (3)$$

где: k_m — коэффициент, зависящий от состава стали, для низкоуглеродистой спокойной стали $k_m = 1$, для низколегированных марок сталей $k_m = 0,85$, высоколегированных марок сталей, в том числе нержавеющей, $k_m = 0,7...0,75$; k_T — коэффициент, зависящий от температуры металла (T_m) в процессе резки, определяется по зависимости:

$$k_T = (1 + 2 \cdot T_m \cdot 10^{-3}) \cdot (1 - 1,5 (\delta \cdot 10^{-3})^2). \quad (4)$$

Количество подогревающего кислорода, необходимое для сжигания заданного количества горючего газа, определяется по следующей зависимости:

$$V_{кп} = \beta \cdot V_{гр}. \quad (5)$$

Для природного газа оптимальное соотношение с подогревающим кислородом $\beta = 1,5$ (6).

Для поддержания высокой скорости резки слябов при условии большого расстояния мундштука резака над металлом рекомендуется при расчете каналов подогревающего кислорода и горючего газа в мундштуке увеличивать

расход газов для горючей смеси в 1,5 раза. Расчёт каналов мундштука ведется исходя из наибольшей потребности газов для горючей смеси.

Расчёт основных каналов мундштука

В мундштуке имеются три типа каналов: дюзы для подогревающего кислорода и горючего газа, сопла для горючей смеси и канал режущего кислорода. Каждый из этих типов каналов рассчитывается по своей методике.

Каналы для режущего кислорода

Процесс истечения кислорода из режущего сопла в атмосферу можно в первом приближении считать адиабатическим. Для этого случая размер горлового канала (d_r , мм) в мундштуке может быть определен из следующей зависимости

$$d_r = \sqrt{\frac{V_{кр}}{0,45 (P_{кр} + 1)}}, \quad (7)$$

где $P_{кр}$ — давление режущего кислорода перед резаком, в нашем случае $P_{кр} = 10 \text{ кг/см}^2$.

Диаметр выходного канала (d_b) может быть найден из следующего соотношения:

— при давлении режущего кислорода перед резаком не более 10 кг/см^2 расчет диаметра выходного канала ведется по формуле 8:

$$d_b / d_r = 1 + 0,05 (P_{кр} - 1), \quad (8)$$

— при давлении режущего кислорода более 10 кг/см^2 расчёт ведётся с учётом числа Маха:

$$d_b / d_r = 1 + (0,09 - 0,02 M) (P_{кр} - 1), \quad (9)$$

где M — число Маха; $P_{кр}$ — давление режущего кислорода перед резаком.

Каналы для газов горючей смеси.

Для устойчивого горения пламени без хлопков, обратного удара пламени или его отрыва от торца мундштука должно быть соблюдено условие равенства скорости воспламенения горючего газа и скорости истечения горючей смеси. Скорость истечения смеси определяется по формуле:

$$W_{см} = 278 \cdot (V_{пк} + V_{гр}) / \pi R^2, \quad (10)$$

где $W_{см}$ — скорость истечения, м/с; $V_{пк}$ — расход подогревающего кислорода, м³/ч; $V_{гр}$ — расход горючего газа, м³/ч; n — количество сопел; R — радиус сопла.

Для этого условия диаметр выходного отверстия для горючей смеси (d_n , мм) многосопловых мундштуков может быть найден из следующего уравнения:

$$d_n = [2,95 \cdot (V_{пк} + V_{гр}) / n \cdot S_o]^{0,4}, \quad (11)$$

где n — количество выходных отверстий для горючей смеси; S_o — относительная скорость воспламенения для данного горючего газа по отношению к ацетилену, для природного газа $S_o = 0,4$ (3,4 м/с).

Диаметры калибрующих дюз (d_d , мм) природного газа и подогревающего кислорода подсчитываются по следующей зависимости:

$$d_d = [V / n \cdot \mu \cdot B \cdot \omega \cdot (P + 1)]^{0,5}, \quad (12)$$

где V — расход подогревающего кислорода или природного газа, м³/ч; P — давление подогревающего кислорода или природного газа перед дюзой, кг/см²; $\mu \cdot B = 0,45$ — для кислорода и $0,3$ — для природного газа; $\omega = 1,0$ — для

кислорода при давлении перед мундштуком 4 кг/см^2 , а для природного газа $1,0$ при давлении $1,0 \text{ кг/см}^2$.

Определение скорости резки слябов

Проведём расчёт скорости кислородно-флюсовой резки высокоуглеродистых (нержавеющих) сталей с учётом температуры сляба. Скорость кислородно-флюсовой резки принимается ориентировочно на 25% ниже по отношению к кислородной резке малоуглеродистых сталей.

Скорость кислородной резки заготовки в МНЛЗ зависит от следующих параметров:

- температуры металла;
- расстояния между торцом мундштука и поверхностью металла;
- чистоты подаваемого кислорода;
- положения резака и сляба в пространстве;
- химического состава металла разрезаемого сляба;
- схемы перемещения резака и направления струи режущего кислорода по отношению к поверхности сляба;
- размера заготовки.

Проведенные исследования показывают, что увеличение объёма режущего кислорода в полтора-два раза позволяет увеличить скорость резки на 20...40%, последующее увеличение расхода кислорода увеличение скорости резки сказывается незначительно.

Определение скорости резки слитка (сляба) ведется по следующей формуле:

$$U_{max} = 800 k_d \cdot k_T \cdot k_{\dot{c}} \cdot k_M \cdot k_c \cdot \delta^{-0,4} \quad (13)$$

где U_{max} — максимальная скорость резки слитка, мм/мин; k_d — коэффициент, зависящий от давления кислорода перед резаком, определяется из зависимости $k_d = (P_{кр})^{0,28}$, $P_{кр}$ — давление режущего кислорода перед резаком, кгс/см²; k_T — коэффициент, зависящий от температуры металла (T_m) в процессе резки; $k_{\dot{c}}$ — коэффициент, зависящий от чистоты кислорода (\dot{c} , %), при $\dot{c} = 99,5\%$ $k_{\dot{c}} = 1$; k_M — коэффициент, зависящий от состава стали, для низкоуглеродистой спокойной стали $k_M = 1$, для низколегированных марок сталей $k_M = 0,85$, высоколегированных марок сталей, в том числе нержавеющей, $k_M = 0,7$; k_c — коэффициент сечения, зависящий от ширины заготовки, при ширине заготовки от 100 до 350 мм $k_c = 0,8$, при большей ширине $k_c = 1$; δ — толщина разрезаемого металла, мм.

Минимальная скорость резки определяется по формуле:

$$U_{min} = k_{cn} \cdot U_{max}, \quad (14)$$

где k_{cn} — коэффициент, зависящий от схемы перемещения резака, при маятниковой схеме перемещения $k_{cn} = 0,4$, при поступательном перемещении резака $k_{cn} = 0,3$.

Определение длины хода тележки газорезки.

Управление процессом резки слябов при автоматическом режиме осуществляется в следующей последовательности:

- включение движения тележки газорезки синхронно с движением слитка;
- включение подачи горючего газа и подогревающего кислорода в резаки;
- включение подачи азота на флюсопитатели;
- включение подачи режущего кислорода в резаки;
- включение рабочего хода резаков;
- выключение подачи режущего кислорода и подачи азота в флюсопитатели после окончания резки, сброс азота из питателя;

— выключение режима рабочего пламени (горючего газа и подогревающего кислорода), резаки работают в режиме дежурного пламени;

— возврат резаков и тележки в исходное положение.

Полный цикл резки в машине складывается по времени из следующих составляющих:

— времени работы резака (t_p),

— времени возврата тележки в исходное положение (t_t),

— времени ожидания до начала синхронного движения тележки газорезки со слитком ($t_{ок}$).

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

$$t_{ц} = t_p + t_t + t_{ок} = L_{сл} / U_{раз}, \quad (15)$$

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

Примечание. Время, необходимое для выключения поступающих в резаки газов, реверс резаков в исходное положение, при расчете общего цикла резки не учитывается, так как эти операции выполняются во время реверса тележки и ожидания резаков до начала нового цикла.

Для определения полного цикла процесса резки рассчитывается тахограмма работы резаков.

В нашем случае резка сляба ведётся одновременно двумя резаками, перемещающимися навстречу друг другу. При резке слитка двумя резаками, второй резак не доходит до первого, соблюдая безопасное расстояние, выбираемое по конструктивным соображениям 100...150 мм, выключает подачу режущего кислорода и на маршевой скорости возвращается в исходное положение. Первый резак осуществляет дорезание слитка и также с выключенными подачей режущего кислорода и подачей порошка возвращается в исходное положение.

Время резки слитка первым резаком (t_p , мин) с учётом тахограммы определяется по следующей формуле:

$$t_p = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (16)$$

где t_0 — время, потребное для пуска горючего газа и подогревающего кислорода, выравнивания и зажигания горючей смеси, принимается равным 0,1 мин; t_1 — время, потребное на пуск азота для подачи флюса, 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 первым резаком на максимальной скорости; t_4 — время, необходимое на снижение скорости резки от максимальной до минимальной для полного прорезания слитка на выходе режущей струи из металла.

Время резки слитка вторым можно определить из зависимости 17:

$$t_{2p} = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (17)$$

где t_3 — время резки слитка вторым резаком на максимальной скорости.

Расчёт тахограммы процесса резки слябов МГР

В данном расчёте определим участки перемещения резака в зависимости от скорости резки. В зависимости от толщины металла для расчета участков перемещения резаков принимаем следующие длины перемещений резака, соответствующие установленным циклам процесса резки (рис. 9).

Перемещение S , мм, равно: для заготовки толщиной до 300 мм — 30 мм.

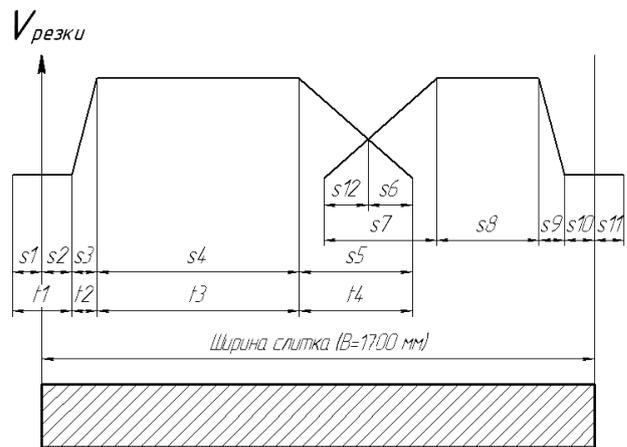


Рис. 9. Тахограмма процесса резки заготовок на участке первичной порезки

В связи с тем, что большее время затрачивается на резку длинного участка сляба, расчёт времени порезки сляба ведётся по длинному участку, время резки короткого участка не производится. Определяем длины участков при перерезе сляба.

$$S_1 = S_2 = S_3 = S_6 = S_9 = S_{10} = S_{11} = S_{12} = 0,5S;$$

$$S_5 = S_7 = 1,5 \cdot S;$$

$$S_4 = (B/2 + 75) - S_2 - S_3 - S_5;$$

$$S_8 = (B/2 - 75) - S_7 - S_9 - S_{10}.$$

Расчёт времени порезки сляба складывается из суммарного времени резки на каждом участке согласно приведенной тахограмме.

$$t_p = 0,1 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (18)$$

где 0,1 мин. — время подвода резака и включения режущего кислорода после захвата слитка.

Определяем время для каждого участка на порезку сляба.

$$t_1 = S / V_{мин};$$

$$t_2 = 0,5S / (V_{max} + V_{мин}) / 2;$$

$$t_3 = ((0,5B + 75\text{мм}) - 2S) / V_{max};$$

$$t_4 = 1,5S / (V_{max} + V_{мин});$$

$$t_p = 0,1 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4.$$

Расчёт расхода флюса (порошка железного ПЖВ или ПЖРВ) на один перерез слябов из хромистых сталей

Расчёт ведётся по слябам наибольшей толщины и ширины сечения для трёх участков порезки: внутренняя газорезка, внешняя газорезка и резка на адьюстаже.

За исходные данные для расчета принимаются:

— давление флюсонесущего газа перед флюсопитателем;

— расход порошка, который выбирается в зависимости от толщины сляба;

Таблица

№ п/п	Толщина сляба, мм	Температура металла, °С	Расход флюса, г/мин
Нержавеющие стали			
1	100	700–800	250–300
2	200	700–800	400–500
3	300	700–800	500–600



а)



б)

Рис. 10. МГР: а) для кислородной и кислородно-флюсовой резки уличного исполнения (толщина разрезаемого металла до 1,5 м); б) для кислородной и кислородно-флюсовой резки цехового исполнения (толщина разрезаемого металла до 1,5 м)



Рис. 11. Переносная машина для кислородно-флюсовой резки «НОРД-500» (применяется для резки слябов на адьюстаже)

— время перереза сляба каждым резакром.

Ориентировочные данные расхода флюса (железного порошка) при резке слябов в зависимости от толщины приведены в **таблице**.

Примеры выполненных машин кислородно-флюсовой резки представлены на **рис. 10 и 11**.

В одной статье невозможно рассмотреть применение кислородно-флюсовой резки на всей стадии получения слябов из хромистых и хромоникелевых сталей, порезку слябов на МГР вторичной порезки слябов, порезку слябов переносными машинами на адьюстаже, порезку слябов машинами газовой резки в копровом цехе и др. Поэтому в статье представлены фотоматериалы для ознакомления с оборудованием, применяющимся для автоматизированной, механизированной и ручной кислородно-флюсовой резки на этих этапах передела слябов.

Евгений Николаевич Лычагин, генеральный директор,
Александр Константинович Никитин,
главный конструктор ООО «Сталь»

Тел. +7 (473) 2027325, vmzstal@mail.ru, <https://nord-s.com/>



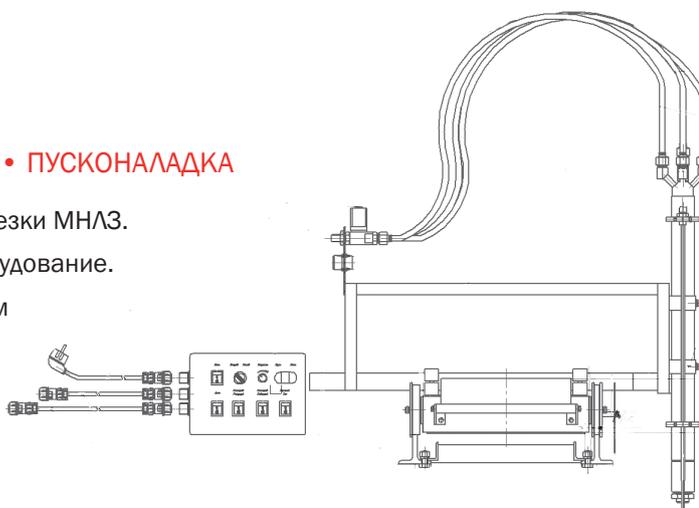
Механический завод «Сталь»

г. Воронеж

www.nord-s.com

• ПРОЕКТИРОВАНИЕ • ВНЕДРЕНИЕ • ПУСКОНАЛАДКА

- ✓ Изготавливаем машины газовой резки МНЛЗ.
- ✓ Поставляем вспомогательное оборудование.
- ✓ Оснащаем машины отечественным автогенным оборудованием.



15 лет на рынке газопламенной аппаратуры

СУХАЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ СУЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ В ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕДАХ, ЕЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ. ТАКЖЕ ПОКАЗАНЫ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ЗАВИСИМОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ, НАЙДЕННЫЕ ЗАРУБЕЖНЫМИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯМИ. СРЕДИ ОЦЕНИВАЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ: ОБЪЕМНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, РАЗМЕРНАЯ ТОЧНОСТЬ, ШЕРОХОВАТОСТЬ И ПАРАМЕТРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ. РАССМАТРИВАЕТСЯ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ, А ТАКЖЕ РАЗЛИЧНЫЕ КОМБИНАЦИИ СУХОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИИ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ ОБРАБОТКИ.

ВВЕДЕНИЕ

Основопологающим отличием сухой электроэрозионной обработки (СЭЭО) от традиционной является использование диэлектрической среды, основанной на газах. Использование газа приводит к изменению как производительности, так и точности обработанных поверхностей. Это вызвано тем, что диэлектрическая прочность и вязкость газов гораздо меньше, чем у жидких диэлектриков, таких как вода или же керосин. Зачастую газ пропускают через трубчатый электрод-инструмент (ЭИ) под давлением. По кинематике движения электрода-инструмента сухая электроэрозия ничем не отличается от традиционной копировально-прошивной (рис. 1) или же проволочно-вырезной электроэрозионной обработки с использованием жидкого диэлектрика.

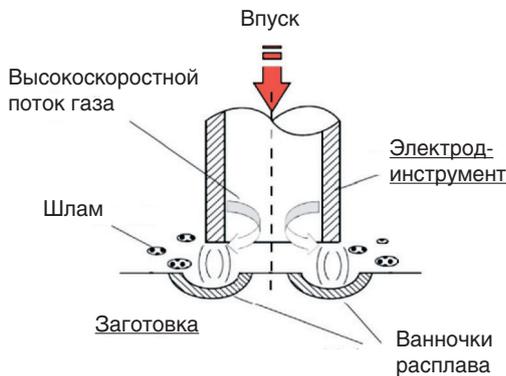


Рис. 1. Процесс сухой ЭЭО [1]

В 1991 году М. Куниэда и др. [1] продемонстрировали новый метод обработки с целью повышения производительности ЭЭО за счет подачи газообразного кислорода в межэлектродный зазор. Было обнаружено, что удаление материала улучшилось благодаря реакции окисления, которая увеличила энергию разряда и вызвала увеличение единичной лунки. Кроме того, М. Куниэда и М. Йошида [2] отмечают, что удаление расплавленного и испаренного материала заготовки увеличивается за счет использования потока сжатого газа через трубчатый электрод-инструмент. Удаленный материал, кристаллизовавшись, не остался ни вдоль поверхности заготовки, ни на электроде-инструменте. В другом исследовании М. Йошида и М. Куниэда [3] изучали износ инструмента при сухой электроэрозионной обработке и пришли к выводу, что износ был незначительным в течение большей части импульса. Это происходило из-за спекания расплавленного материала заготовки на поверхности инструмента, что и защищало инструмент от чрезмерного износа [4].

Метод сухой электроэрозии (СЭЭО) позиционируется как экологически чистый благодаря отсутствию продуктов

эрозии, свойственных обработке в жидком диэлектрике с добавлением минеральных масел. Также этот метод предотвращает некоторые проблемы на рабочем месте, такие как возгорание керосиновых паров, как при традиционной копировально-прошивной ЭЭО с использованием керосина [4].

Помимо экологических преимуществ замена жидкого диэлектрика газообразным позволяет удешевить процесс обработки. Также упрощается конструкция электроэрозионных станков.

Несмотря на ряд преимуществ, у СЭЭО имеется основной недостаток по сравнению с традиционной ЭЭО в жидкости — маленькая производительность. Было предложено множество различных решений данной проблемы, например, сухая фрезерная ЭЭО с быстровращающимся электродом-инструментом, полусухая ЭЭО (в аэрозоли), СЭЭО с применением вращающегося магнитного поля, СЭЭО с криогенным охлаждением заготовки и/или ЭИ, СЭЭО с использованием порошков [4].

ПРОТЕКАНИЕ РАЗРЯДА ПРИ СЭЭО И ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА ПРОТЕКАНИЕ РАЗРЯДА

Исследования М. Куниэда и др. [1] легли в основу работ и других ученых. Так, в исследовании [5] проиллюстрирован процесс протекания единичного разряда с участием реакции окисления при полусухой (в аэрозоле) ЭЭО с вращающимся электродом. В. Ядав и др. использовали кислород для создания диэлектрической среды с добавлением аэрозоля.

Высокая производительность процесса полусухой ЭЭО с использованием кислородной смеси обусловлена окислением рабочего материала. Процесс окисления стимулируется высокотемпературной средой. На рис. 2 с i-vi продемонстрирован процесс удаления расплавленного материала не только под действием протекания искрового разряда, но и благодаря параллельно проходящей реакции окисления материала заготовки с добавленным кислородом. Реакция окисления продолжается даже во время отключения импульса. С пункта а до пункта f показано протекание искрового разряда без участия кислорода в среде. Явление удаления материала при обычной полусухой ЭЭО (рис. 2 (a-f)) и с использованием кислорода (рис. 2 (i-vi)) показано в три фазы, а именно: фаза поджига, фаза разряда и фаза вымывания шлама. Введение кислорода в диэлектрическую среду способствует окислению, в результате которого выделяется дополнительное тепло. Дополнительное тепло способствует самоподдерживающемуся окислению или горению расплавленного металла. Оксиды железа наблюдались на обработанной поверхности в виде коричневого и черного цвета. В отличие от расплавленного металла, который пытается повторно осесть на электродах инструмента и рабочей поверхности, оксиды,

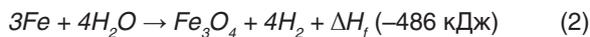
как правило, легко вымываются. Оксиды имеют тенденцию отделяться от обработанной поверхности из-за рыхлой структуры и меньшей плотности, чем основной металл. Скорость накопления тепла в ванночке расплава зависит от энергии, подаваемой за счет искры, и тепла, выделяемого в результате окисления.

Скорость накопления тепла в ванночке расплава dQ_{acc}/dt определяется уравнением (1)

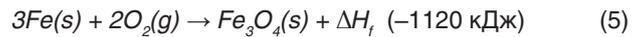
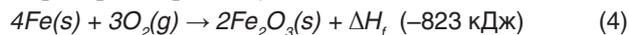
$$\frac{dQ_{acc}}{dt} = \frac{dQ_s}{dt} + \frac{dQ_o}{dt} - \frac{dQ_{ht}}{dt} - \frac{dQ_w}{dt}, \quad (1)$$

где dQ_s/dt — скорость подводимого тепла, dQ_o/dt — скорость тепла, выделяемого в результате окисления (суммирование тепла, выделяемого при образовании оксидов металлов), dQ_{ht}/dt — скорость передачи тепла электродам, диэлектрикам и окружающей среде в виде теплопроводности, конвекции и излучения, dQ_w/dt — скорость потребляемого тепла в процессе плавления и изменения свойств материала.

Химические реакции протекают быстро, когда газообразный кислород вступает в контакт со сталью в точке воспламенения. Железо легко окисляется и, следовательно, теряет свои электроны при воздействии кислорода и влаги. Кроме того, железо при повышенной температуре реагирует с молекулами воды, присутствующими в диэлектрической среде, и возможная реакция представляется уравнением 2:



В. Ядав и др., ориентируясь на работы предшественников, предложили возможные уравнения реакции окисления 3–6.



Высокая температура в ванночке расплава стимулирует химическую реакцию и поддерживает окисление железа. Мощность окисления поддерживается также во время отключения импульса, и удаление материала продолжается в период релаксации. Кроме того, высокая температура уменьшает задержку воспламенения искрового разряда за счет снижения диэлектрической прочности среды из-за содержащихся в смеси кислорода и воздуха частичек аэрозоля в виде воды. Также жидкая фаза (вода) в диэлектрической среде охлаждает место окисления и помогает сдерживать окисление и поддерживать контролируемое удаление материала [5].

ОБЪЕМНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ Q (MMR)

Математическая модель объемной производительности была получена исследователями Я. Лином и др. [6] при помощи метода RSM (response surface methodology — методология поверхности отклика). Результатом моделирования стало уравнение 7 вида:

$$Y_1 = 0,906 + 0,61X_1 + 0,035X_2 + 0,5X_3 + 0,03X_4 - 0,121X_1^2 - 0,071X_2^2 - 0,134X_3^2 - 0,013X_4^2 + 0,03X_1X_2 + 0,493X_1X_3 + 0,029X_1X_4. \quad (7)$$

Значимыми параметрами ($p < 0,05$) в линейном выражении были пиковый ток (X_1), длительность импульса (X_2), давление газа (X_3), опорное напряжение сервопривода (X_4), а параметрами в квадрате также были: пиковый ток (X_1), длительность импульса (X_2), давление газа (X_3), опорное напряжение сервопривода (X_4). Условиями взаимодействия были ($X_1 \times X_2$) пиковый ток и длительность импульса, ($X_1 \times X_3$) пиковый ток и давление газа, ($X_1 \times X_4$) пиковый ток и опорное напряжение сервопривода. R2 составлял 97,87%, а корректировка R2 составляла 96,22%. Более того, данные попадают на прямую линию, указывающую на то, что ошибки распределены нормально. Было отмечено, что большинство данных были близки к прямой линии [6].

Эффективность прогнозирования производительности может быть получена из установленной модели (7). На рис. 3 демонстрируется, что Q увеличивается с увеличением пикового тока с 5 А до 15 А и длительности импульса с 250 мкс до 750 мкс при постоянном давлении газа, установленном на уровне 3 кг/см², и опорном напряжении на уровне 40 В. То есть Q увеличивается с увеличением пикового тока и длительности импульса. На рис. 4 Q возрастает с увеличением пикового тока с 5 А до 15 А и давления газа с 1 кг/см² до 5 кг/см² при постоянной длительности импульса, установленной на уровне 500 мкс, и опорном напряжении на уровне 40 В. То есть Q увеличивается с увеличением пикового тока и давления газа. Влияние пикового тока и опорного напряжения на Q показано на рис. 5. Пиковый ток увели-

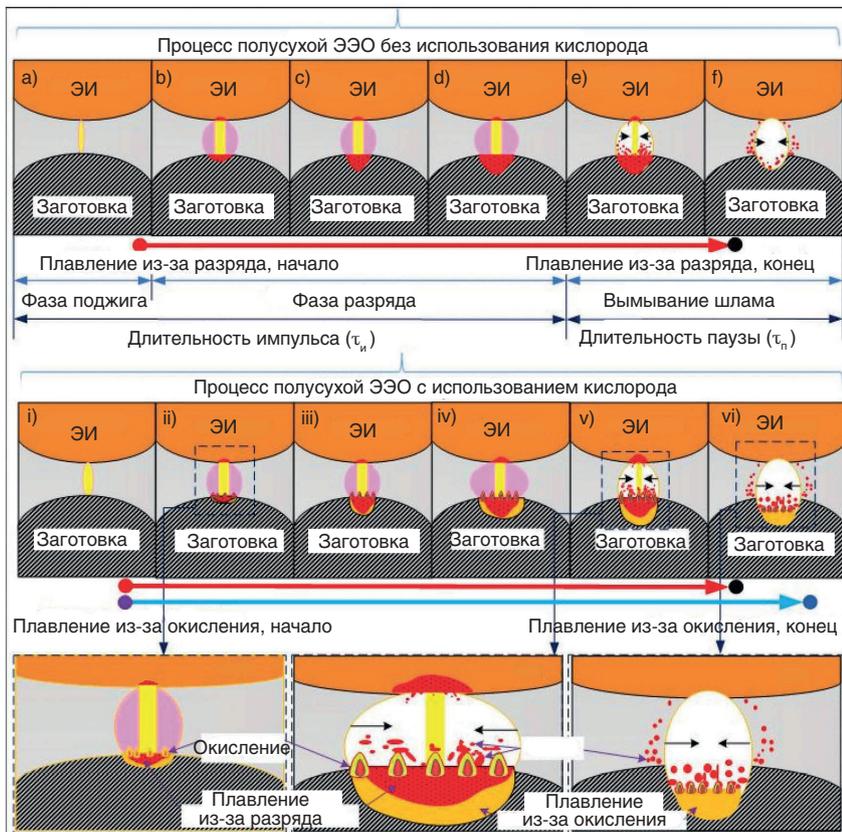


Рис. 2. Механизм удаления материала при полусухой ЭЗО [5]

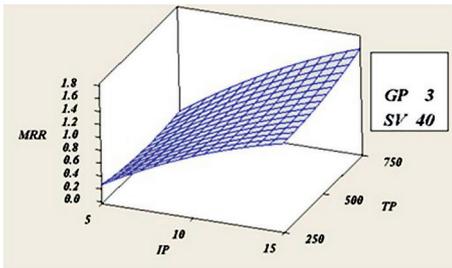


Рис. 4. Зависимость Q (MMR) от силы тока (Ip) и давления газа (Gp)

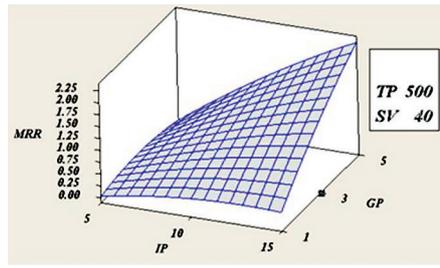


Рис. 5. Зависимость Q (MMR) от силы тока (Ip) и напряжения (Sv)

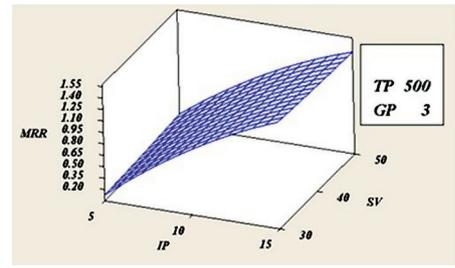


Рис. 3. Зависимость Q (MMR) от силы тока (Ip) и времени импульса (Tp)

чился с 5 А до 15 А, а опорное напряжение увеличилось с 30 В до 50 В, Q увеличивалась с увеличением пикового тока и опорного напряжения при длительности импульса, установленной на уровне 500 мкс, и давлении газа, установленном на уровне 3 кг/см² [6].

Как было отмечено ранее, кислород может непосредственно влиять на протекание разряда. Чем выше содержание его в диэлектрической среде, тем интенсивнее будет протекать окисление расплавленного металла в ванночке расплава. Этот эффект повышает производительность процесса. Для его протекания кислород может как подаваться непосредственно в зону обработки, так и взаимодействовать с расплавленным металлом через воздух или же через капельки дистиллированной воды, находящиеся во взвеси. Сравнение использования каждой из перечисленных типов сред представили исследователи В. Ядав и др. [5] — рис. 6.

РАЗМЕРНАЯ ТОЧНОСТЬ

По точности линейных размеров сухая электроэрозионная обработка остается наравне с традиционной ЭЗО. Так, при проволочно-вырезной обработке с использованием газа в качестве диэлектрической среды можно получить более узкий рез за счет уменьшения межэлектродного промежутка и меньших колебаний проволочного электрода-инструмента. Также обработанная поверхность имеет более гладкую структуру по сравнению с ЭЗО в жидкости благодаря уменьшению энергии разряда. Но при этом имеется недостаток — скругление кромок после резки в газе больше, чем после резки в жидкости [7].

Так, М. Али и др. [8] исследовали процесс проволочно-вырезной СЭЗО и создали математическую модель [9]. За контролируемые параметры были взяты напряжение в межэлектродном промежутке (МЭП) и натяжение проволоки, а выходной параметр — разница средних широт у начала и около конца паза (рис. 7, уравнение 8),

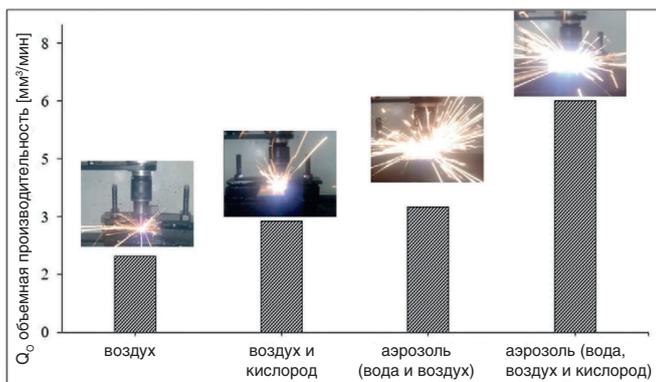


Рис. 6. Сравнение объемной производительности (MMR) при использовании разных диэлектрических сред при полусухой ЭЗО с вращающимся электродом [5].

$$Kerf_with_differences = D - d, \tag{8}$$

где D — среднее значение измерений 1, 2 и 3 по рис. 7, d — среднее значение измерений 4, 5 и 6.

Исходные данные в эксперименте М. Али: материал заготовки — нержавеющей сталь, ЭИ — вольфрамовая проволока диаметром 70 мкм, диэлектрическая среда — сжатый воздух, скорость подачи 0,4 мм/с, скорость вращения ЭИ — 0,5 об/мин.

$$Kerf_with_differences = 295,69 - 13,18v + 24,05t + 0,17v^2 - 0,49t^2 - 0,34vt - 7,52 \cdot 10^{-4}v^3 + 0,05t^3 + 4,03 \cdot 10^{-3}v^2t - 0,02vt^2, \tag{9}$$

где v — напряжение в МЭП, t — натяжение проволоки.

Значение F модели, равное 13,23, подразумевает, что модель является значимой. Значение P_{rob}>F менее 5% указывает на то, что факторы v (напряжение зазора), t (натяжение провода), vt (напряжение зазора и натяжение провода), v³ (напряжение зазора), t³ (натяжение провода), v²t (напряжение зазора и натяжение провода), vt² (напряжение зазора и натяжение провода) являются значительными.

На рис. 8 показан трехмерный график различий ширины пропила с напряжением зазора и натяжением провода. На рисунке видно, что когда натяжение проволоки низкое, разница в ширине пропила находится на пике (высокая). Это связано с тем, что вибрация проволоки, как ожидается, будет уменьшаться с увеличением натяжения проволоки, что приведет к уменьшению разницы в ширине пропила. Кроме того, разница в ширине пропила достигает наибольшего значения при увеличении напряжения зазора, что приводит к низкой точности размеров обработанного паза. Это связано с тем, что во время обработки на проволоку действуют силы, вызывающие колебания. Это силы реакции от давления пузырьков газа на электрод-проволоку во время процесса эрозии, гидродинамические силы из-за системы промывки, электростатические силы,

действующие на провод, и электромагнитные силы от генерации искры. Кроме того, увеличение вибрации провода может также произойти при использовании высокой энергии разряда. В этом случае одним из факторов, влияющих на энергию разряда, является напряжение зазора. Однако вибрация проволоки при проволочно-вырезной СЭЗО считается минимальной по сравнению с обычной проволочно-вырезной

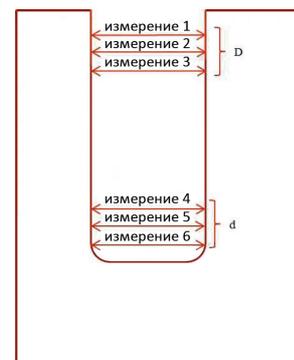


Рис. 7. Схема измерений [8]

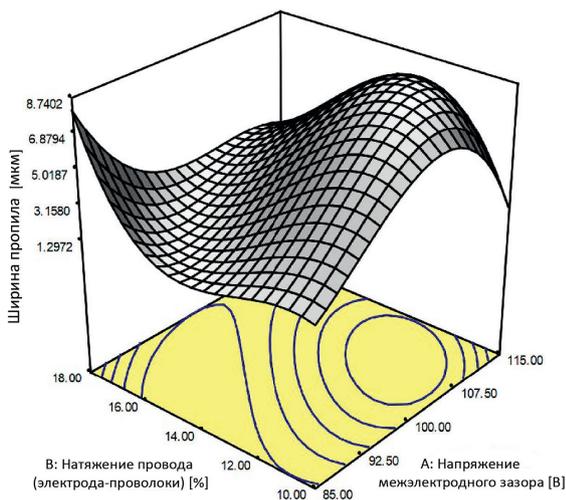


Рис. 8. Трехмерный график зависимости ширины пропила от напряжения зазора и натяжения электрода-провода [8]

ЭЭО. Это потому, что при обычной ЭЭО сила реакции процесса незначительна, а расстояние между зазорами меньше. По закону Пашена на пробой газовых разрядов влияют давление и расстояние между электродом-инструментом и обрабатываемой деталью. Электрический разряд возникает из-за высоких электрических полей, создаваемых на малом расстоянии зазора. Поскольку энергия и давление плазмы, генерируемые в газах, невелики, вибрация проволоки также невелика, что приводит к повышению точности размеров.

Моделирование на основе дисперсионного анализа ANOVA было проведено с целью получения оптимальных значений параметров для минимальных различий в ширине пропила. Минимальная разница в ширине пропила составляла 2,35 мкм при напряжении зазора 85 В и 10%-м натяжении проволоки. Модель была проверена путем проведения эксперимента на основе оптимизированных параметров. Основываясь на эксперименте, фактическая разница в ширине пропила (2,40 мкм) выше по сравнению с оптимизированной разницей в ширине пропила с максимальной погрешностью 2,13%. Процентная погрешность минимальных различий в ширине пропила относительно невелика, что показывает, что разработанная модель является удовлетворительной.

ШЕРОХОВАТОСТЬ

Математическая модель получаемой после обработки шероховатости поверхности была также получена исследователями Я. Лином и др. [6] при помощи метода RSM. Результатом моделирования стало уравнение 10 вида:

$$Y_2 = 1,902 + 0,499X_1 + 0,052X_2 + 0,232X_3 + 0,051X_4 - 0,098X_1^2 + 0,166X_4^2 + 0,186X_1X_3 \quad (10)$$

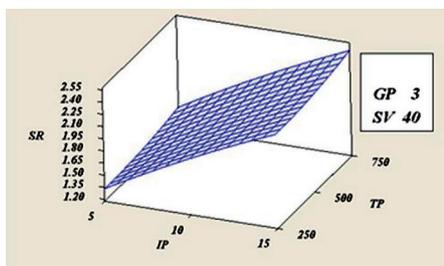


Рис. 9. Зависимость шероховатости от пикового тока (Ip) и длительности импульса (Tp)

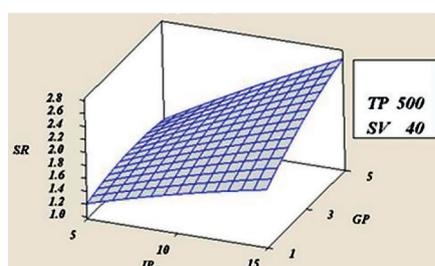


Рис. 10. Зависимость шероховатости от пикового тока (Ip) и давления газа (Gp)

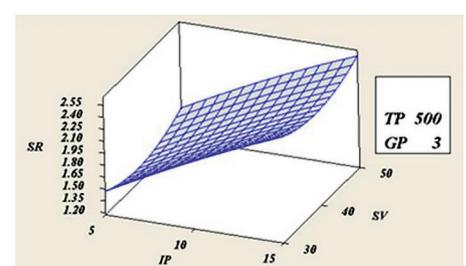


Рис. 11. Зависимость шероховатости от пикового тока (Ip) и напряжения (Sv)

Значимыми параметрами ($p < 0,05$) в линейном выражении были пиковый ток (X_1), длительность импульса (X_2), давление газа (X_3), опорное напряжение (X_4), а параметры в квадрате — давление газа (X_3) и опорное напряжение сервопривода (X_4). Параметры взаимодействия составлял ($X_1 \times X_3$) пиковый ток и давление газа. R^2 составлял 97,29%, а корректировка R^2 – 96,22%. Более того, данные попадают на прямую линию, указывающую на то, что ошибки распределены нормально. Было отмечено, что большинство данных были близки к прямой линии [6].

На рис. 9 показано влияние пикового тока и продолжительности импульса на шероховатость. Давление газа установлено на уровне 3 кг/см², а опорное напряжение зафиксировано на уровне 40 В. Результаты прогнозирования шероховатости показывают повышение шероховатости с увеличением пикового тока и длительности импульса. На рис. 10 показано увеличение шероховатости с увеличением пикового тока с 5 до 15 А и увеличение давления газа с 1 до 5 кг/см² при длительности импульса, установленной на 500 мкс, и опорном напряжении, установленном на уровне 40 В. Прогнозируемые значения показывают, что шероховатость увеличивается с увеличением пикового тока и давления газа. Влияние пикового тока и опорного напряжения на шероховатость показано на рис. 11. Пиковый ток увеличивался с 5 до 15 А, а опорное напряжение увеличилось с 30 В до 50 В, шероховатость увеличивалась с увеличением пикового тока и опорного напряжения при фиксированной длительности импульса 500 мкс и давлении газа 3 кг/см².

По итогу Я. Лин и др. [6] смогли получить оптимальные параметры по отношению к объемной производительности и шероховатости для подбора режимов сухой электроэрозионной обработки. Для подбора оптимальных параметров исследователи воспользовались пакетом программ MINITAB 16. Оптимальными уровнями переменных обработки стали являются: пиковый ток в 12 А, длительность импульса в 750 мкс, давление газа в 5 кг/см² и опорное напряжение 34 В. Кроме того, Q составлял 1,9 мм³/мин, а шероховатость Ra 2,43 мкм при оптимальном сочетании уровней параметров обработки. Желаемые характеристики были подтверждены экспериментальными результатами. Ошибки составили менее 5%. Таким образом, в результате анализа желаемые значения оказались приемлемыми. Регрессионные модели сыграли важную роль в объяснении взаимосвязи между соответствующими откликами (Q и Ra) и входными параметрами обработки.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ

В работе В. Ядава и др. [5] исследовалось влияние кислорода на процесс полусухой ЭЭО. Как было отмечено выше, увеличение концентрации кислорода увеличивает производительность обработки, но также было замечено

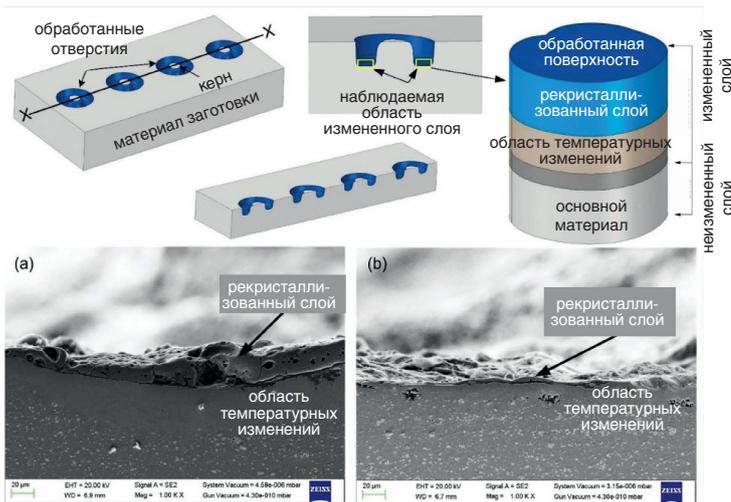


Рис. 12. Поперечные сечения, полученные при полусухой ЭЗО: а) смешанная с кислородом, б) без использования кислорода [5]

увеличение толщины измененного слоя на обработанной поверхности. Его толщина зависит от количества повторно кристаллизовавшегося расплавленного материала, который не был вымыт из межэлектродного промежутка. Поперечное сечение обработанной поверхности с использованием как процесса полусухой ЭЗО, смешанной с кислородом (а), так и без использования кислорода, в чистом виде, показано на рис. 12. Толщина измененного слоя обычной полусухой ЭЗО была тоньше, чем у варианта с кислородом (рис. 12 а и б). Наличие дополнительного тепла, выделяемого в результате экзотермического окисления заготовки, приводит к увеличению плавления металла. Впоследствии повторно затвердевший материал на рабочей поверхности увеличился. На обработанной поверхности образуются микротрещины при превышении поверхностными напряжениями предела прочности. Поверхность, обработанная полусухой ЭЗО с кислородом, имеет более высокую плотность трещин, чем у обычного процесса полусухой ЭЗО. Трещины на поверхности после обработки с использованием кислорода были глубже и шире, чем у аналога [5].

ВАРИАЦИИ СУХОЙ ЭЗО

Дальнейшим развитием СЭЗО является ультразвуковая сухая электроэрозионная обработка (УЗ-СЭЗО) с частотой от 17 до 25 кГц с использованием в качестве среды воздуха или же кислорода. Используется для небольших и глубоких отверстий в твердых материалах (рис. 13) [7]. При этом через электрод-инструмент может подаваться как воздух, так и кислород (для повышения производительности) или же аргон (для уменьшения шероховатости). А также параллельно протекающая УЗО уменьшает толщину белого слоя [9]. Абразив, добавляемый при этом, может также непосредственно использоваться для удаления материала при помощи его разгона в струе газа [10].

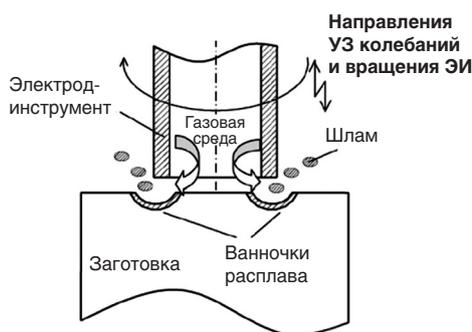


Рис. 13. Схема ультразвуковой СЭЗО

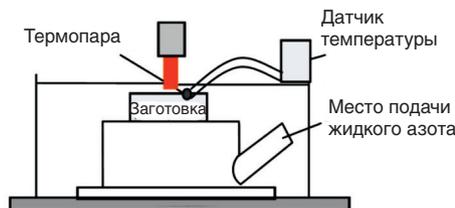


Рис. 15. Схема СЭЗО с криогенным охлаждением заготовки

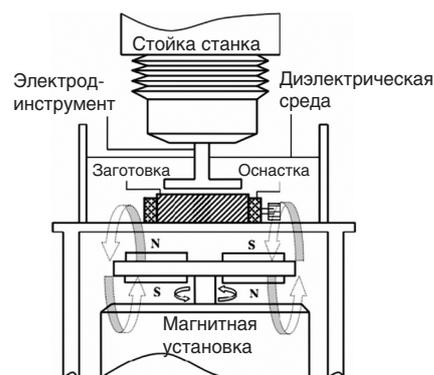


Рис. 14. СЭЗО с использованием магнитного поля

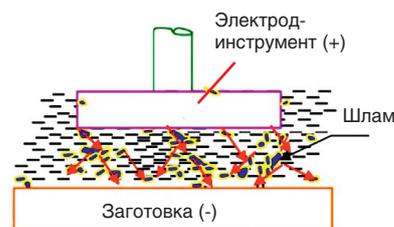


Рис. 16. Схема порошково-аэрозольной ЭЗО

Другим способом улучшения сухой электроэрозионной обработки является применение пульсирующего магнитного поля в зоне электрода. Это приводит к повышению эффективности на 130% и снижению износа электродов. В результате ионизации магнитное поле увеличивает приток тепловой энергии в заготовку, что дает повышение производительности, точности формы и улучшает чистоту поверхности после обработки (рис. 14) [7]. Удаление материала из МЭП увеличивается на 21–41% [11].

Следующим типом сухой электроэрозии является СЭЗО с криогенным охлаждением заготовки и/или электрода (рис. 15) [7]. Данный метод позволяет повысить производительность и уменьшить шероховатость. Это достигается благодаря препятствию возвращения расплавленных капелек металла и шлама обратно в расплав [12].

Другим типом СЭЗО является полусухая электроэрозионная обработка с использованием порошка, где порошок добавляется в жидкую фазу аэрозоля (рис. 16). Используются зерна 70–80 нм порошкообразного графита, алюминия, кремния, карбида кремния и сульфида молибдена. Добавление порошкообразного дисульфида алюминия и молибдена в смесь диэлектрической жидкости и воздуха привело к высокой чистоте поверхности [7]. Порошок уменьшает диэлектрическую прочность среды, что позволяет увеличить межэлектродный промежуток, что, в свою очередь, упрощает удаление шлама из МЭП [13].

Сухую ЭЗО также можно комбинировать с размерной обработкой дугой (РОД) благодаря специальному генератору технологического тока, что позволяет увеличить производительность [14].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

В основном установки для сухой ЭЗО представляют собой переделанные установки традиционной ЭЗО под использование сжатого газа в качестве диэлектрической

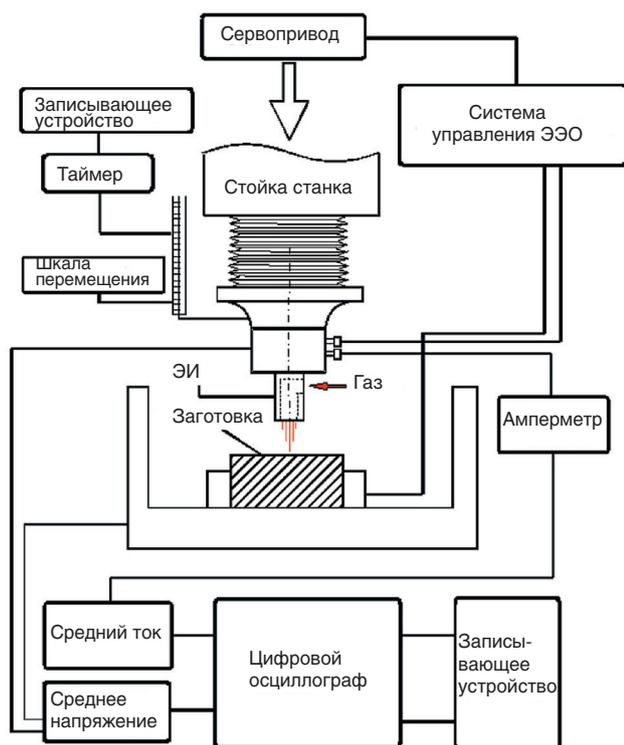


Рис. 17. Схема установки 430С с оригинальной системой подачи сжатого воздуха

среды в МЭП. Так, например, исследователи Я. Лин и др. [6] за основу использовали копировально-прошивной станок 430С от тайваньской компании CHMER Corp. Для адаптации же установки под СЭЭО была самостоятельно разработана система подачи сжатого воздуха непосредственно через электрод-инструмент. Схема установки представлена на рис. 17.

В. Ядав и др. [5] также использовали за основу копировально-прошивной станок, рассчитанный на использование жидкой диэлектрической среды (рис. 18). Модель станка EMS-5030. Для придания вращения электроду-инструменту исследователи сделали собственный привод.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Несмотря на множество технологических преимуществ в формировании сложных поверхностей из твердых и закаленных материалов, традиционная ЭЭО представляет ряд потенциальных угроз как непосредственно на рабочем месте, так и для окружающей среды в целом. Эти угрозы обусловлены электротермическими явлениями, происходящими во время процесса, вызванного протеканием электрического разряда в межэлектродном промежутке. Побочные продукты электроэрозии токсичны, вредны для окружающей среды. К ним относятся мелкие частицы разрушенного материала, газы и аэрозоли, продукты термического разложения диэлектрической жидкости и шлам после эрозии. Все они состоят из тяжелых металлов и других

продуктов эрозии, которые вредны для операторов машин и окружающей среды [7].

В случае сухой ЭЭО экологические угрозы ниже. Тем не менее использование сжатого воздуха или его смеси с инертными газами увеличивает концентрацию микро-частиц вокруг электроэрозионных станков, что приводит к проблемам с дыханием и легкими у рабочих. В полусухой ЭЭО с использованием аэрозолей на водной основе используемые антикоррозионные агенты также представляют угрозу для здоровья. По этой причине водяной туман не рекомендуется использовать в качестве диэлектрической среды. Образующийся в этих условиях аэрозоль, направленный под высоким давлением в зону эрозии, вызывает увеличение количества токсичных веществ в непосредственной близости от оператора станка, что практически ограничивает применение аэрозолей в процессе ЭЭО [7].

Оценка производственных процессов с точки зрения их вредности для окружающей среды стала предметом многих научных исследований. Полученные результаты служат основой для разработки правовых норм, касающихся безопасности труда и окружающей среды. Основное внимание уделяется устранению углеводородных диэлектрических

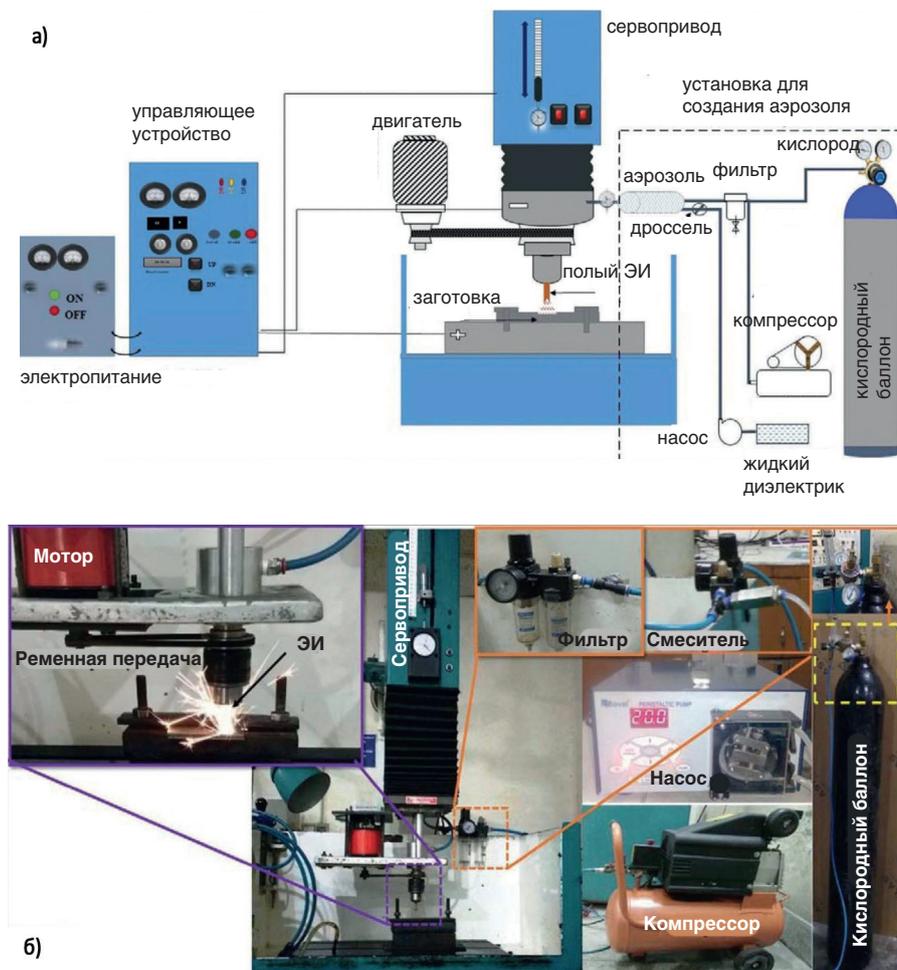


Рис. 18. Экспериментальная установка для полусухой ЭЭО с быстровращающимся электродом [5]: а) схематичное изображение установки; б) экспериментальное оборудование

жидкостей (цели сухой ЭЭО), уменьшению их негативно-го воздействия путем замены их экологически чистыми диэлектриками, такими как вода и газ, и уменьшению их количества в процессе (ЭЭО в аэрозоли). А для повышения эффективности этих процессов и улучшения качества обрабатываемой поверхности используются гибридные решения, в которых вводятся дополнительные технологические компоненты, такие как высокочастотные вибрации, магнитное поле или мелкозернистый порошок [7].

ПЕРСПЕКТИВЫ НАПРАВЛЕНИЯ СЭЭО

В обзорной статье [4] исследователи сделали выводы по последним работам, выпущенным по тематике сухой электроэрозии.

Большая часть опубликованных работ посвящена скорости износа электродов, скорости удаления материала и чистоте поверхности.

В большинстве процессов сухой электроэрозионной обработки в качестве диэлектрика используется воздух или кислород. В дальнейшей работе может быть изучено использование азота и инертных газов. Азот может быть полезен, если в качестве последующей обработки требуется азотирование. Однако гелий из-за его высокой теплоемкости может обеспечить лучшую производительность с точки зрения точности резки.

Очень мало работ сообщает о применении сухого процесса ЭЭО в микрообработке. Помимо сверления глубоких отверстий методом СЭЭО в макромасштабах необходимы дальнейшие исследования на микроуровне, чтобы сделать возможной микрообработку сухим электрическим разрядом.

Разработка технологии сухой и почти сухой электроэрозионной обработки в значительной степени сосредоточена на улучшении производительности, поскольку она ниже, чем при традиционной обработке электроэрозионной обработкой. Очень немногие исследования показали качество полученных поверхностей, количество трещин и пористостей. Необходим анализ и количественная оценка этих характеристик, моделирование процесса трещинообразования.

Недостаточна текущая работа в области СЭЭО, связанная с моделированием процессов, такая, как анализ конечных элементов в сухой ЭЭО. Для анализа влияния газового дизельного топлива можно модифицировать существующую теорию обычной ЭЭО. Из обзора литературы было отмечено, что до настоящего времени очень мало или вообще не сообщается о работах по моделированию и оптимизации процесса с использованием гибридного подхода при СЭЭО.

Требуется дальнейшая работа по изучению характера гидродинамики потока диэлектрического газа в межэлектродном зазоре и его влияния на производительность процесса.

При определенных условиях обработки смесь газа и органической деионизированной воды может привести к более высокой скорости удаления материала, чем углеводородное масло. Этот конкретный подход нуждается в дальнейших исследованиях перед его коммерческим использованием.

В большинстве публикаций сообщается, что используется вращающийся трубчатый электрод-инструмент, но очень мало работ с использованием электрода-инструмента с несколькими отверстиями. Эффективность процесса

может быть повышена за счет использования многоотверстного или перфорированного вращающегося электрода-инструмента с газовой поддержкой [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сухая электроэрозионная обработка позволяет сделать процесс значительно более экологически чистым, упростить оборудование и уменьшить белый слой на обработанной поверхности. Но из-за низкой диэлектрической прочности среды производительность гораздо ниже, чем при обычной обработке. Для повышения уровня производительности используются различные методы от варьирования состава подаваемого газа в межэлектродный промежуток до комбинирования процесса сухой электроэрозии с другими методами обработки.

Так, при варьировании состава диэлектрика, большее количество кислорода значительно повышает производительность за счет экзотермической реакции окисления, но при этом белый слой сильно увеличивается. Использование же инертных газов, наоборот, предотвращает реакцию окисления металла, но благодаря этому уменьшается шероховатость обработанной поверхности.

Комбинируя с сухой электроэрозией ультразвуковую обработку, криогенное охлаждение, дуговую обработку и т.д., возможно не только повысить производительность, но и уменьшить толщину измененного слоя. Криогенное охлаждение заготовки также повышает производительность и уменьшает белый слой благодаря предотвращению попадания шлама и расплавленного металла обратно в ванночку расплава.

С экологической точки зрения сухая ЭЭО значительно легче в эксплуатации, чем обычная ЭЭО, использующая керосин и минеральные масла в качестве диэлектрической среды. Это вызвано упрощением утилизации продуктов эрозии и улучшением условий работы оператора.

Рустам Искандэрович Измайлов

Борис Петрович Саушкин

**Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»
Московский политехнический университет**

Литература

1. Kunieda M., Furuoya S., Taniguchi N. Improvement of EDM efficiency by supplying oxygen gas into gap //CIRP annals. 1991. Т. 40. № 1. P. 215–218.
2. Kunieda M., Yoshida M., Taniguchi N. Electrical discharge machining in gas //CIRP Annals. 1997. Т. 46. № 1. P. 143–146.
3. Yoshida M., Kunieda M. Study on mechanism for minute tool electrode wear in dry EDM //JOURNAL JAPAN SOCIETY FOR PRECISION ENGINEERING. 1999. Т. 65. P. 689–693.
4. Singh N. K. et al. Steps towards green manufacturing through EDM process: a review // Cogent Engineering. 2016. Т. 3. № 1. P. 1272662.
5. Yadav V.K., Kumar P., Dvivedi A. Performance enhancement of rotary tool near-dry EDM of HSS by supplying oxygen gas in the dielectric medium //Materials and Manufacturing Processes. 2019. Т. 34. № 16. P. 1832–1846.
6. Lin Y.C. et al. Optimal Machining Parameters of EDM in Gas Based on Response Surface Methodology //International Journal of Materials Science and Applications. 2016.Т. 5. № . 6. С. 241.
7. Leppert T. A review on ecological and health impacts of electro discharge machining (EDM) //AIP Conference Proceedings.— AIP Publishing LLC, 2018. Т. 2017. № 1. P. 020014.
8. Ali M.Y. et al. Dimensional accuracy in dry micro wire electrical discharge machining //Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2018. Т. 12. № 1. P. 3321.

9. Lin Y.C. et al. Machining characteristics of a hybrid process of EDM in gas combined with ultrasonic vibration and AJM //Procedia CIRP. 2016. T. 42. P. 167–172.
10. Lin Y.C. et al. Machining performances of electrical discharge machining combined with abrasive jet machining //Procedia CIRP.— 2018. T. 68. P. 162–167.
11. Beravala H., Pandey P. M. Experimental investigations to evaluate the effect of magnetic field on the performance of air and argon gas assisted EDM processes //Journal of Manufacturing Processes.— 2018. T. 34. P. 356–373.
12. Liqing L., Yingjie S. Study of dry EDM with oxygen-mixed and cryogenic cooling approaches //Procedia Cirp. 2013. T. 6. P. 344–350.
13. Joshi A.Y., Joshi A.Y. A systematic review on powder mixed electrical discharge machining //Heliyon. 2019. T. 5. № 12. P. e02963.
14. Shen Y., Liu Y., Sun W. High-efficient dry hybrid machining of EDM and arc machining //Procedia CIRP. 2016. T. 42. C. 149–154.
15. Uhlmann E. et al. Dry-ED milling of micro-scale contours with high-speed rotating tungsten tube electrodes // Procedia CIRP. 2020. T. 95. P. 533–538.
16. Hayakawa S. et al. Study on material removal mechanism in EDM process through observation of resolidification of molten metal // Procedia CIRP. 2018. T. 68. P. 266–271.
17. Singh A.K. et al. Effect of dielectric on electrical discharge machining: a review // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.— IOP Publishing, 2018. T. 377. № 1. P. 012184.
18. Khan M.Y., Rao P.S. Hybridization of electrical discharge machining process // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. T. 9. № 11. P. 1059–1065.
19. Macedo F. T. B. et al. Dependence of crater formation in dry EDM on electrical breakdown mechanism // Procedia Cirp. 2016. T. 42. P. 161–166.
20. Liqing L., Yunhang W. Discharge Gap and Relative Discharge Ratio in Dry Electrical Discharge Machining // Procedia CIRP. 2020. T. 95. P. 482–487.
21. Macedo F. T. B. et al. Fundamental investigation of EDM plasmas, part II: parametric analysis of electric discharges in gaseous dielectric medium // Procedia CIRP. 2018. T. 68. P. 336–341.
22. Liqing L., Chenhao G., Yingjie S. Simulation analysis of the crater size for single-pulse dry electrical discharge machining //Procedia CIRP. 2018. T. 68. P. 292–297.
23. Hayakawa S. et al. Study on material removal mechanism in EDM process through observation of resolidification of molten metal // Procedia CIRP. 2018. T. 68. P. 266–271.
24. Macedo F.T. B. et al. Investigation of the fundamentals of tool electrode wear in dry EDM // Procedia Cirp. 2016. T. 46. C. 55–58.
25. Uhlmann E., Perfilov I. Machine tool and technology for manufacturing of micro-structures by micro dry electrical discharge milling //Procedia CIRP. 2018. T. 68. P. 825–830.
26. Li G., Natsu W. Realization of micro EDM drilling with high machining speed and accuracy by using mist deionized water jet //Precision Engineering. 2020. T. 61. P. 136–146.
27. Takezawa H., Hayashi S. Effect of Mixing Gas for Machining Surface Property of Micro-bubble Entrained EDM //Procedia CIRP. 2018. T. 68. C. 298–302.
28. Yadav V.K., Kumar P., Dvivedi A. Effect of tool rotation in near-dry EDM process on machining characteristics of HSS // Materials and Manufacturing Processes. 2019. T. 34. № 7. P. 779–790.
29. Singh N.K., Pandey P.M., Singh K.K. Experimental investigations into the performance of EDM using argon gas-assisted perforated electrodes // Materials and Manufacturing Processes. 2017. T. 32. № 9. P. 940–951.
30. Beravala H., Pandey P. M. Experimental investigations to evaluate the effect of magnetic field on the performance of air and argon gas assisted EDM processes //Journal of Manufacturing Processes.— 2018. T. 34. P. 356–373.
31. Singh N.K. et al. Experimental investigation of flushing approaches on EDM machinability during machining of titanium alloy // Materials Today: Proceedings. 2021. T. 38. P. 139–145.
32. Li G., Natsu W. Realization of micro EDM drilling with high machining speed and accuracy by using mist deionized water jet // Precision Engineering. 2020. T. 61. P. 136–146.



16-18 ноября 2022

ВАНХ ЭКСПО УФА



РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

Специализированные выставки

- Машиностроение ▪ Металлообработка
- Инновационный потенциал Уфы



Мероприятия проводятся с учетом всех требований Роспотребнадзора



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ЭНЕРГЕТИКИ
И ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



АДМИНИСТРАЦИЯ
ГОРОДСКОГО ОКРУГА г. Уфа РБ



ОРГКОМИТЕТ: +7 (347) 246 41 80, 246 42 37
promexpo@bvkeexpo.ru

www.prombvk.ru

РАСШИФРОВКА ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В МАРКИРОВКЕ СТАЛЕЙ И ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СПЛАВАХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В СРАВНЕНИИ СО СТАЛЯМИ. ДЛЯ ПРИМЕРА ПРИВОДЯТСЯ МАРКИ МЕДНЫХ, НИКЕЛЕВЫХ И МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ, А ТАКЖЕ МАРКИ СТАЛЕЙ С ПРИНЯТЫМИ УСЛОВНЫМИ ОБОЗНАЧЕНИЯМИ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В АЛФАВИТНОМ ПОРЯДКЕ.

Наиболее просто расшифровываются условные обозначения легирующих элементов в сплавах цветных металлов. В этом случае обозначение легирующих элементов совпадает с химическим названием этих элементов: **А** — алюминий, **Б** — бериллий, **Ж** — железо, **К** — кремний, **М** — медь, **Мг** — магний, **Мц** — марганец, **Мш** — мышьяк, **Н** — никель, **О** — олово, **С** — свинец, **Ф** — фосфор, **Ц** — цинк, **Цр** — цирконий, **Х** — хром и другие элементы.

Например, *алюминиево-магниевые сплавы:*

АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6.

Никелевые сплавы: НХ9, НМц5, НМцФК2-2-1, НМцАК2-2-1, Х20Н80, НМЖМц28-2,5-1,5.

Медно-никелевые сплавы: МНЦ15-20, МНА13-3, МНЖМц30-0,8-1, МНЖКТ5-1-0,2-0,2.

Медные сплавы. Бронзы: БрА7, БрБ2, БрОЦС4-4-2,5, БрБНТ1,9-0,3-0,2, БрОФ10-1, БрКН1-3.

Латуни: ЛС74-3, ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ЛАН59-3-2, ЛЖМц59-1-1, ЛАМш77-2-0,5, ЛМцА57-3-1.

Значительно сложнее расшифровываются условные буквенные обозначения в маркировке сталей. Обозначения некоторых элементов также соответствуют химическому названию этих элементов: **Х** — хром, **Т** — титан, и некоторые другие элементы, рассмотренные позднее. Однако многим специалистам непонятно, почему алюминий обозначают буквой **Ю**, медь буквой **Д**, марганец буквой **Г** и т.д., что затрудняет их запоминание и вызывает ошибки в расшифровке сталей. Букву **А** принимают за алюминий, букву **М** за марганец, букву **К** за кремний, букву **В** за ванадий, букву **Б** за бор и т.д.

Их двух элементов кобальт и кремний буквой **К** обозначают кобальт, а для кремния принято обозначение буквой **С** от слова силиций (по-немецки кремний). Поэтому для элемента селен принято обозначение буквой **Е** — второй свободной буквой в слове селен, т.о. **С** — кремний, **Е** — селен.

Особо следует отметить условные обозначения: буквой **Л** (в конце марки) литых сталей, а буквой **О** (в конце марки через тире) омедненной стальной сварочной проволоки Св 08Г2С-О.

Для элементов азот и алюминий буквой **А** (в середине марки стали) обозначают азот, поэтому алюминий обозначают третьей свободной буквой **Ю** в слове алюминий, т.к. **А** — азот, **Л** — литье, **Ю** — алюминий.

Для элементов никель и ниобий буквой **Н** обозначают никель, а ниобий — четвертой свободной буквой **Б** в слове ниобий: **Н** — никель, **И** — не используется для обозначения элементов, **О** — омедненная, а **Б** — ниобий.

Для элемента бор принято обозначение третьей свободной буквой **Р** в слове бор, т.к. **Б** — ниобий, **О** — омедненная, поэтому **Р** — бор.

Для элементов молибден, медь, марганец буквой **М** обозначают молибден, поэтому медь обозначают третьей свободной буквой **Д** в слове медь, т.к. **М** — молибден,



Е — селен, а **Д** — медь. Марганец обозначают четвертой свободной буквой **Г** в слове марганец, т.к. **М** — молибден. **А** — азот, **Р** — бор, поэтому **Г** — марганец.

В таблице Менделеева ванадий обозначается немецкой буквой **V**, по-русски «фау», а вольфрам — буквой **W**, по-русски «вэ». Поэтому в маркировке сталей ванадий обозначается буквой **Ф**, а вольфрам — буквой **В**. Легче запомнить эти обозначения по названию фирмы «Фольксваген» (VW). Значит, ванадий — это **Ф**, а вольфрам это **В**.

Для условного обозначения в слове «фосфор» нет свободной буквы: **Ф** — ванадий, **О** — омедненная, **С** — кремний, **Р** — бор. Поэтому фосфор обозначают буквой **П**, которая соответствует немецкой букве **P**, обозначающей химический элемент фосфор в таблице Менделеева.

Для элементов цирконий и церий буквой **Ц** обозначают цирконий, а для условного обозначения в слове церий нет свободной буквы: **Ц** — цирконий, **Е** — селен, **Р** — бор, а буквы **И** и **Й** не используются в маркировке сталей. Поэтому церий и редкоземельные элементы обозначают буквой **Ч** — следующей свободной буквой в алфавите после буквы **Ц**.

Для удобства пользования расшифровкой условных обозначений элементов при маркировке различных сталей рассмотрим ее в алфавитном порядке.

А — содержание азота: 14Г2АФ, 18Г2АФД, 10Х14АГ15, 03Х17АН9, 07Х21Г7АН5, 22Х2Г2АЮ, 12Х21Н5Г2САЛ, 130Г14ХМФАЛ, 02Х25Н22АМ2, 03Х17АН9, 55Х20Н4АГ9Б, 03Х22Н5АМ3.

Б — содержание ниобия: 10Г2БД, 18Х11МНФБ, 09Х16Н4Б, 08Х18Н12Б, 18Х12ВМБФР, 12Г2Б, 05Х16Н5АБ, 07Х12НМФБР, 02ХН30МДБ, 03Х21Н21М4ГБ, 08Х14Н19В2БР, 37Х12Н8Г8МФБ.

В — содержание вольфрама: 30ХВ, 25Х2Н4ВА, 6ХВ2С, 4Х2В5МФ, 08Х15Н24В4ТР, 4Х4ВМФС, 08Х17Н34В5Т3Ю2РЛ, 15Х18Н22В6М2РЛ, 20Х21Н46В8РЛ, 20Х12ВНМФ, 9Х5ВФ, 12Х8ВФ.

Г — содержание марганца: 09Г2, 10Г2Б, 15Г2СФ, Ст-3Гпс, 10Х14АГ15, 55Х20Н4АГ9Б, 09Г2ФБ, 22Х2Г2АЮ,

07X21Г7АН5, 20X13Н4Г9, 20Г2, 110Г13Л, У8ГА, 30ХГСН2А, 09Г2ФБ, 20ГСЛ, 35ГЛ.

Д — содержание меди: 09Г2Д, 20ДХЛ, 10ХНДП, 15ХСНД, 10Х18Н3Г3Д2Л, 16Г2АФД, С345Д, 13ХНДФТЛ, 18Г2АФД, 02ХН30МДБ, 06ХН28МДТ, 15Г2АФД, 03ХН28МДТ, 09Г2СД, 12Г2ФД.

Е — содержание в стали селена: 12Х18Н10Е (ГОСТ 5632-2014), А35Е, А40ХЕ (ГОСТ-1414-75).

К — содержание кобальта: ХН33КВЮ, ХН55ВМТКЮ, ХН56ВМКЮ, Р9М4К8, ХН62БМКТЮ, ХН59КВЮМБТ, ХН55К15МБЮВТ, ХН56К16МБВЮТ, ХН68ВМТЮК, ХН56КМЮБВТ, Р8М3К6С.

Л — литая сталь: 20Л, 20ГЛ, 20ГНМФЛ, 20Х13Л, 12Х18Н9ТЛ, 07Х18Н10Г2С2М2Л, 20ГСЛ, 35ГЛ, 12Х21Н5Г2САЛ, 130Г14ХМФАЛ, 08Х17Н34В5Т3Ю2РЛ, 15Х18Н22В6М2РЛ, 20Х21Н46В8РЛ.

М — содержание молибдена: 15ХМ, 10Х2М, 12Х1МФ, 15ХГНМ, 13Х11Р2В2МФ, 12Х2НМ1ФА, ХН65МВ, 03Х22Н5АМ3, 02Х25Н22АМ2, 03Х17Н9АМ3, 02ХН30МДБ, 20Х12ВНМФ, Р2АМ9К5.

Н — содержание никеля: 12ХН, 10ХСНД, 16ХСН, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9ТЛ, ХН70МВТЮБ, 15Н2М ХН38ВТ, 12Х2НМ1ФА, 05Х16Н5АБ, 03Х22Н5АМ3, 02Х25Н22АМ2, 03Х17АН9АМ3, 09Х16Н4Б.

П — содержание в стали фосфора: 10ХНДП (ГОСТ 19281-2014), 09П (ОСТ 14-2-208-87) и др.

Р — содержание бора: 25Р, 15Х2ГМР, 20ХГНР, 20Х1М1Ф1ТР, 13Х14Н3В2ФР, 20Х2Г2СР, 20ХФР

ХН77ТЮР, 15Х18Н22В6М2РЛ, 08Х14Н19В2БР, 08Х17Н34В5Т3Ю2РЛ, 20Х21Н46В8РЛ, 27ХГР.

С — содержание кремния: 09Г2С, 20ХГС, 16ХСН, 25ХГСА, 20Х25Н20С2, 23ХГС2МФЛ, 18Г2С, 4Х4ВМФС, 5ХНВС, 15Г2СФ, 17Г1С, 30ХГСН2А, 12Х7Г3СЛ, 8Х4В2МФС2, 30ХГСФЛ, 27Х5ГСМЛ.

Т — содержание титана: 10ГТ, 18ХГТ, 10Х11Н20Т2Р, 20Х1М1Ф1ТР, ХН35ВТЮ, 08Х15Н24В4ТР, 08Х17Н34В5Т3Ю2РЛ, 06ХН28МДТ, 13ХНДФТЛ, 03ХН28МДТ, ХН55ВМТКЮ, ХН62БМКТЮ.

Ф — содержание ванадия: 12Х1МФ, 12Х2НМ1ФА, 18Г2АФД, 20Х1М1Ф1ТР, 37Х12Н8Г8МФБ, 40Х15Н7Г7Ф2МС, 18Х11МНФБ20ХН4ФА, 85Х4М5Ф2В6Л, 130Г14ХМФАЛ, Н70МФВ, Р18К5Ф2.

Х — содержание хрома: 15ХА, 15ХСНД, 03Х17АН, 20Х3МВФ, 15ХГНМ, 08Х18Т1, 12Х2НМФА, 12Х1МФ, 10Х14АГ15, 07Х21Г7АН5, 12Х21Н5Г2САЛ, 02Х25Н22АМ2, 09Х16Н4Б, 18Х12ВМБФР.

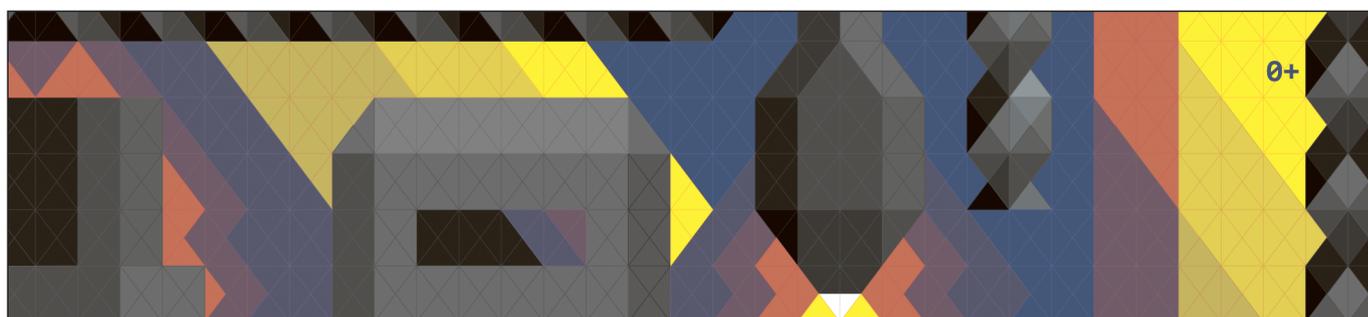
Ц — содержание в стали циркония: 20ХГ2Ц (ГОСТ 5781-82), ХН55МВЦУ (ГОСТ 5632-2014).

Ч — содержание церия и редкоземельных элементов: 20ЮЧ, 16ГМЮЧ, 09ХГ2НАБЧ, 08Х18ТЧ.

Ю — содержание алюминия: 20ЮА, 38Х2МЮА, 10Х13СЮ, 09Х15Н8Ю1, 10Г2ФБЮ, 22Х2Г2АЮ, 08Х17Н34В5Т3Ю2РЛ, 22Х2Г2АЮ, ХН55ВМТКЮ, ХН62БМКТЮ, ХН70МВТЮБ, ХН33КВЮ.

К. Б. Конищев, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Б. П. Конищев, канд. техн. наук, ООО «ГАЦ ВВР» Н. Новгород



Металлообработка. Сварка – Урал

14–17 марта 2023
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
www.metal-ekb.expoperm.ru



23-27 | 05 | 2022

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



22-я международная
специализированная
выставка

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

«Оборудование,
приборы и инструменты
для металлообрабатывающей
промышленности»



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



www.metobr-expo.ru

12+ Реклама

ЭКСПОЦЕНТР

**15–21 АВГУСТА
ПАТРИОТ ЭКСПО**



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ФОРУМ**

ОРГАНИЗАТОР



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫСТАВОЧНЫЙ
ОПЕРАТОР



МКВ
МЕЖДУНАРОДНЫЕ
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ

WWW.RUSARMYEXPO.RU

21-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ



weldex

0+

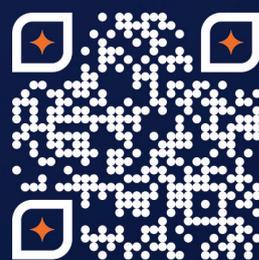
11-14
ОКТАБРЯ

2022

РОССИЯ, МОСКВА
КРОКУС ЭКСПО

Разделы выставки:

- Оборудование и материалы для сварки
- Оборудование для резки металла
- Промышленные роботы
- Нанесение защитных и упрочняющих покрытий
- Оборудование для контроля качества сварных соединений
- Инструменты и приспособления для сварочных работ
- Средства индивидуальной и коллективной защиты
- Оборудование для обработки кромок



weldex.ru

Официальная поддержка:



Свяжитесь с Организатором, чтобы узнать об условиях участия: weldex@hyve.group | +7 (499) 750-08-28

При поддержке:



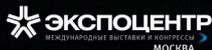
Организатор:



**8-11
НОЯБРЯ 2022**

**МОСКВА,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»**

Место проведения:



Генеральный
информационный партнер:



Оборудование и технологии
для металлургии
и металлообработки
МеталлургМаш'2022



Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2022



Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГМК
МеталлТрансЛогистик'2022

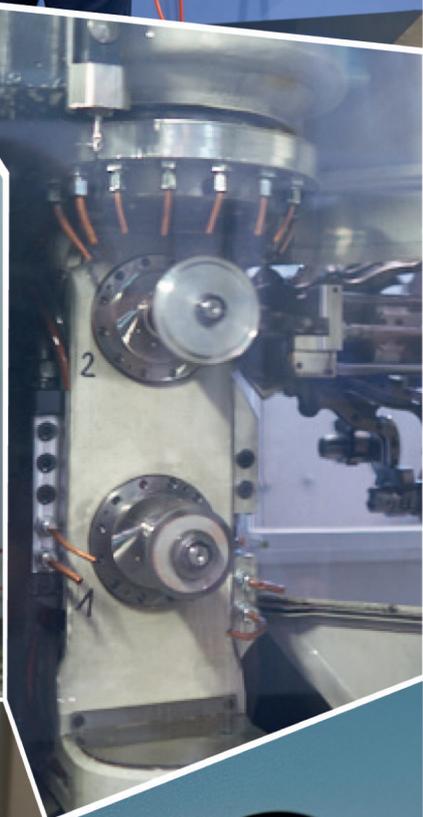
12+

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

28-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

**МЕТАЛЛ
ЭКСПО
2022**

www.metal-expo.ru



УВАЖЕНИЕ К ОПЫТУ, ВЫЗОВ СТЕРЕОТИПАМ, ЭКСПЕРТНОСТЬ В ТЕХНОЛОГИЯХ



**ТОМСКИЙ
ИНСТРУМЕНТ**

Партнер в импортозамещении №1



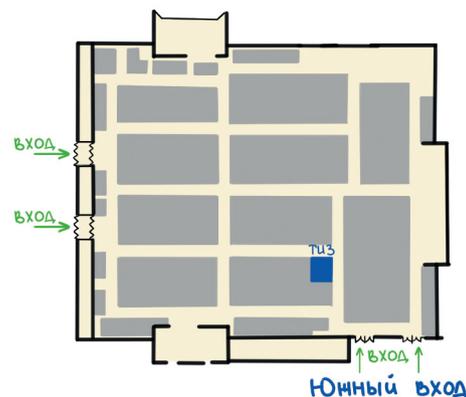
Российский производитель высококачественного металлорежущего инструмента

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

Металлообработка 2022

Павильон 2 Зал 1 стенд 21Е57



-  Российский производитель высококачественного металлорежущего 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 задачи заказчика 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



ООО "Томский инструментальный завод"

Россия, 634526, г. Томск, д. Лоскутово, ул. Советская, д. 1/2; Тел.(382-2) 944-010; Факс (382-2) 943-970; E-mail: office@tiz.ru
Филиалы: тел./факс: Москва (499) 369-27-36, 369-27-53; Омск (381-2) 466-385; tpti@tiz.ru, <http://tiz.ru>, <http://tiz.pф>

ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ



РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на **журнал «РИТМ машиностроения»** с любого месяца. Стоимость одного номера — **350** рублей, стоимость годовой подписки (10 номеров) — **3500** рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: ritm@gardes mash.com

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

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

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 — **350** рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — **1400** рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: info@additiv-tech.ru



101000, Москва, Милютинский пер., 18А, оф. 36с, пом. 1, т/ф (499) 55-9999-8,

e-mail: ritm@gardes mash.com, www.ritm-magazine.ru

e-mail: info@additiv-tech.ru, www.additiv-tech.ru