

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'3
2021

TURBINE

The logo consists of three red slanted parallel lines followed by a stylized red letter 'G'.

YG401

Новый сплав для обработки
жаропрочных материалов



www.yg1.ru

JUNKER
GROUP



24-28 МАЯ 2021

ПАВИЛЬОН 2.2 | СТЕНД D31
МОСКВА, РОССИЯ

ДИНАМИКА ТОЧНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ

Новые технологии и инновационные концепции как шлифовальной обработки, так и промышленных систем фильтрации являются основой постоянного развития Группы JUNKER. Будь то круглое или некруглое шлифование, внешняя или внутренняя обработка: обширный ассортимент продукции компании, являющейся технологическим лидером, включает в себя шлифовальные станки для любого задания, размера партии и уровня требований.

Успех ждет динамичных!



www.junker-group.com/ru/tehnologija



Автоматизируйте производство с помощью Renishaw



Renishaw на выставке
«Металлообработка 2021»
Павильон 2, зал 1,
стенд 21C15

Станочные измерительные системы

Повышение эффективности производства с помощью контроля процессов обработки.

- Повышение производительности имеющегося оборудования
- Увеличение степени автоматизации
- Снижение количества случаев повторной обработки и отбраковки
- Расширение возможностей и увеличение объема выполняемых работ

Более подробная информация представлена на сайте: www.renishaw.ru/mtp

СОДЕРЖАНИЕ

5

Новый сплав для жаропрочных материалов от компании YG-1 /
New alloy for heat-resistant materials from YG-1 company

11

Гибка высокопрочной стали / Bending of high-strength steel

12

Kennametal представляет сверло FBX для высокоэффективной
обработки деталей аэрокосмической отрасли /
Kennametal : Introduces the FBX drill for high performance
aerospace machining

20

Системы безопасности в ленточнопильных станках /
Safety systems in band saws

21

Широкофункциональные системы для обработки металлов:
особенности и преимущества применения в промышленности /
Multifunctional systems for metalworking: features and advantages
of industrial applications

24

Отменное качество от Han's Laser / Excellent quality from Han's Laser

26

Корпорация Greenleaf в аэрокосмической области /
Greenleaf Corporation within the aerospace industry

28

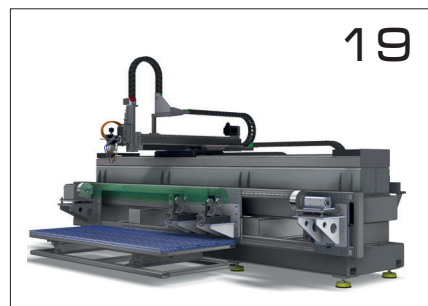
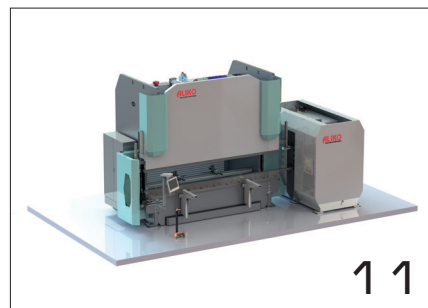
Развитие ультрапрецизионного шлифования: характеристики
процесса, требования к станкам (часть 1) /
Development of ultra-precision grinding: characteristics of the process,
machine requirements (part 1)

35

Микроплазменное напыление. Особенности технологии и
применения / Microplasma spraying. Technology and application features

40

Автоматизация и стандартизация кадрового делопроизводства /
Automation and standardization of personnel records management



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.

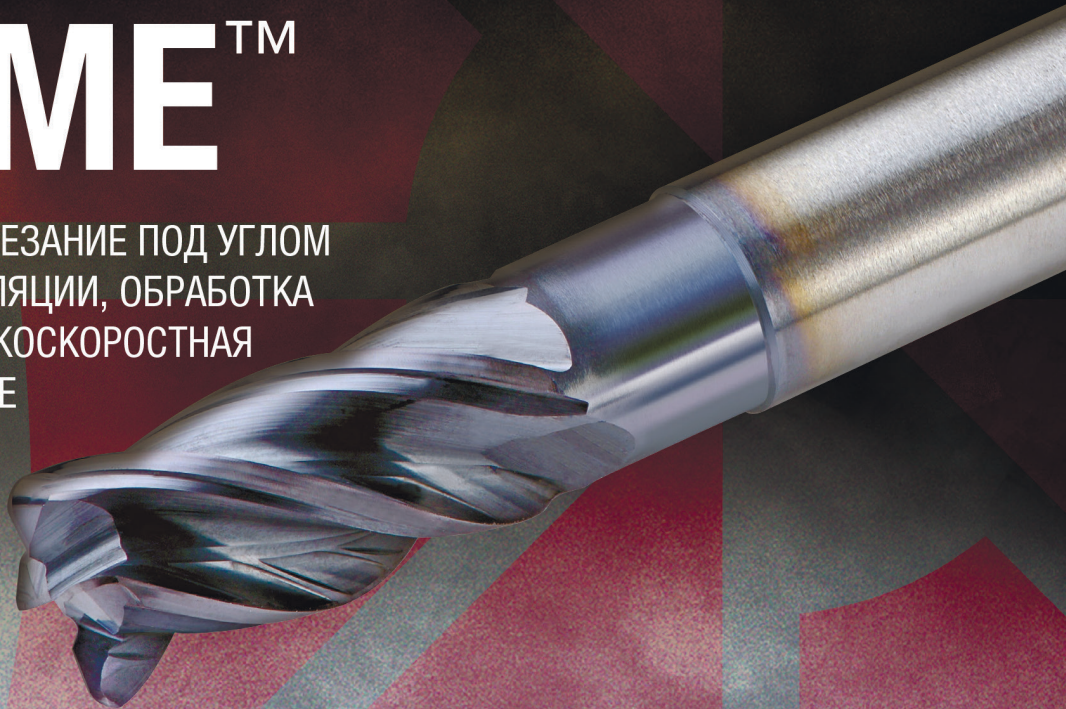
Перепечатка опубликованных материалов разрешается только
при согласовании с редакцией. Все права защищены ©

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.

VariMill™ XTREME™

WIDIA 

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПАЗОВ, ВРЕЗАНИЕ ПОД УГЛОМ
И ПО ВИНТОВОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ, ОБРАБОТКА
УСТУПОВ И СТЕНОК, ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ
ОБРАБОТКА, ПЛУНЖИРЕНИЕ



АГРЕССИВНА | ПРОИЗВОДИТЕЛЬНА | УНИВЕРСАЛЬНА

Цельные твердосплавные концевые фрезы VariMill XTREME найдут своё применение в каждом цехе, где нужна высокая производительность, благодаря большому выбору размеров и способности обрабатывать различные материалы на агрессивных режимах и параметрах резания.

*Полное предложение по ассортименту –
на сайте www.widia.com*



HANITA™



90-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ

4 апреля отметил 90-й день рождения основатель отрасли промышленного электропривода — Георгий Борисович Онищенко.

Георгий Борисович — признанный эксперт в области электротехники и промышленного электропривода, один из основателей этого направления в России. Четверть века он трудился в го-

ловном научно-исследовательском институте электротехнической промышленности — ВНИИ Электропривод, много лет возглавляя научное направление деятельности института. Здесь Георгий Борисович стал не только автором очень многих интересных проектов, но и принял непосредственное участие в практической их реализации. Под его руководством созданы электротехнические комплексы и уникальные автоматизированные системы для атомных электростанций, магистральных газопроводов, скоростных лифтов и многих других советских и российских объектов.

Тридцать лет его жизни посвящены работе в Московском государственном открытом университете, где все эти годы Георгий Борисович бесценно возглавлял кафедру «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Он является автором более двухсот опубликованных научных трудов и двадцати изобретений. Им написаны шесть учебников. Совсем недавно вышла в свет его новая книга — «Электрические двигатели» — учебное пособие для студентов бакалавриата, средних профессиональных учебных заведений и для всех работающих специалистов.

И при такой серьезной рабочей нагрузке профессор Онищенко всегда находил время и силы для разнообра-

ной общественной работы, являясь: членом Комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР; членом Советско-Финского совета по экономическому сотрудничеству; председателем Ассоциации инженеров по электроприводу; председателем международных конференций по автоматизированному электроприводу; членом научно-технических секций и комитетов при министерствах, редколлегий научно-технических журналов, многих советов по защите диссертаций и др.

И сейчас Георгий Борисович продолжает работать. Он является действующим и весьма востребованным экспертом Российской академии наук в области электротехнической промышленности, в качестве научного руководителя активно работает в компании НТЦ «Приводная техника», не только делясь своим многолетним бесценным опытом со специалистами всех уровней, но и генерируя новые идеи и проекты! Авторский курс видеолекций профессора Г. Б. Онищенко по теме «Автоматизированный электропривод», созданный совсем недавно, уже используется в учебных программах двадцати вузов страны. Много сил и знаний Георгий Борисович вложил в создание программы подготовки специалистов в области ЖКХ и водоснабжения по компетенции «Автоматизированный электропривод» — совместного детища Московского государственного образовательного комплекса и НТЦ «Приводная техника». Обучение по программе начнется в июле 2021 года!

Георгий Борисович Онищенко — учёный, разработчик, научный руководитель, преподаватель и общественный деятель — имеет правительственные награды и почётные звания за прекрасную работу во всех этих областях. Но, конечно, не регалии и медали греют его душу и являются главной заслугой. Лучшая награда для нашего юбиляра — это его дело, которому он служил и служит, которое живёт и развивается, несмотря на все превратности времени и обстоятельств.

УРАЛ ВОЛОГДЕ

01 апреля 2021 года в Екатеринбурге в сквере имени А. Канделя у ДИВС (м. Динамо) состоялась презентация стелы «Софийский собор», которая будет установлена на въезде в город Вологда. Проект подготовлен на основе эскиза, победившего на конкурсе «Мы — вологжане. Мы вам рады!», проведенном в 2018 году городской администрацией по завершению строительства Обхода Вологды. Собор Софии Премудрости Божией — древнейшее сохранившееся каменное сооружение на территории Вологды, одна из крупнейших построек XVI в., сохранившаяся до наших дней.

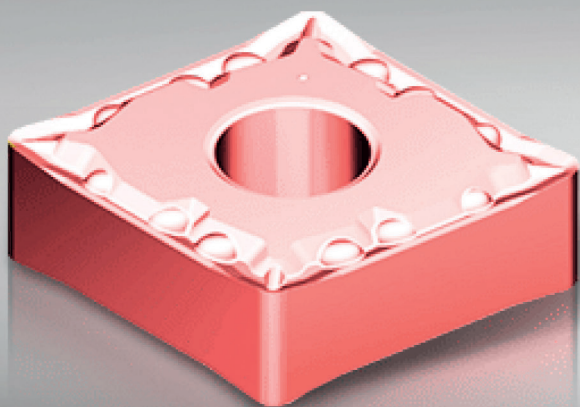
Региональный центр лазерных технологий (ЗАО «РЦЛТ») разработал конструкторскую документацию и изготовил уникальную металлоконструкцию стелы высотой 10 метров — размерами с 3-х этажный дом. Стела весом 12 тонн изготовлена из 19 тонн металла — 82 листов нержавеющей стали толщиной 10 мм.



Изделие держится только на ажурных самонесущих ребрах шириной 100 мм. Периметр лазерного реза составил более 2,5 км, общая длина сварных швов больше 1 км, из них лазерной сварки более 500 м. На изготовление стелы ушло более 6000 нормо-часов (8,5 месяцев) работы конструкторов, программистов, операторов, слесарей-сборщиков, сварщиков.

«Мы почти год трудились над тем, чтобы арт-объект превратился из эскиза в уникальное архитектурное сооружение. Наши современные инновационные лазерные технологии обеспечили нужные конструкторские и технологические решения из сердца Урала для воплощения образа древнерусского храма в современном изящном облике», — сказал на торжественном открытии генеральный директор ЗАО «РЦЛТ» Анатолий Георгиевич Сухов.

<https://rc.lt.pf>



Новый сплав для жаропрочных материалов от компании YG-1

Хромоникелевые жаропрочные сплавы обладают набором свойств, которые делают их незаменимыми при изготовлении деталей для авиакосмической, энергетической, медицинской и других отраслей промышленности.

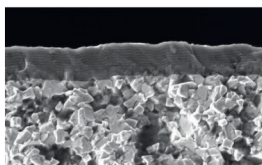
Высокое давление, агрессивная среда и высокая температура — условия, при которых использование обычных конструкционных сталей неэффективно или вовсе невозможно, поэтому все большей популярностью пользуются стали и сплавы с высокими показателями прочности, жаростойкости и устойчивости к коррозии.

Обладая такими впечатляющими характеристиками, жаропрочные материалы значительно хуже поддаются обработке резанием.

Высокая механическая прочность обуславливает высокие силы резания, коррозионная стойкость приводит к интенсивному износу в месте касания инструмента и заготовки, благодаря высокой теплостойкости повышается температура обработки, а низкая теплопроводность препятствует отводу излишнего тепла из зоны резания. Используя инструменты для обработки обычной стали и чугуна, мы непременно сталкиваемся с проблемами стойкости инструмента, общим качеством обработки, увеличением времени и, как следствие, неизбежным дополнительным затратам.

Для эффективной обработки жаропрочных сплавов необходимо тщательно подойти к выбору марки инструментального материала и геометрии режущей части. Характеристики, на которых важно заострить внимание: повышенная теплостойкость, сопротивляемость абразивному износу и стабильность режущих свойств.

Понимая всю важность поставленной задачи, специалисты компании Уай Джи Уан (YG-1) разработали специализированный сплав для точения труднообрабатываемых материалов — **YG401**.



Инновационное многослойное PVD-покрытие на основе алюминитрида титана (TiAlN), с превосходной адгезией слоев, нанесенных на ультра-мелкозернистую твердосплавную основу, значительно повышает твердость, термостойкость и сопротивление ударным нагрузкам. Это сочетание делает пластину устойчивой к наиболее распространенным видам износа, характерным для точения жаропрочных материалов, таким как лункообразование и износ по задней поверхности, зачастую приводящим к интенсивному износу и даже поломке инструмента. Помимо более гладкой поверхности новый процесс нанесения покрытия позволяет режущей кромке не терять остроту, что минимизирует наростообразование — частое явление при обработке жаропрочных материалов.

Стружколомы для обработки жаропрочных сплавов

Обозначение	Стружколом	Особенности	Условия обработки
SF		<ul style="list-style-type: none"> Чистовая обработка Улучшенная геометрия для снижения сил резания Улучшенная теплостойкость 	
SM		<ul style="list-style-type: none"> Получистовая обработка Контролируемый нагрев Улучшенная теплостойкость 	
SR		<ul style="list-style-type: none"> Черновая обработка Улучшенная геометрия для черновой обработки Переменный передний угол режущей кромки 	

Ассортимент токарных пластин YG-1 для обработки жаропрочных сплавов представлен различными формами: с положительным передним углом, с различными стружколомами и видами кромки. Подобное разнообразие делает сплав YG401 поистине универсальным.

Эффективность сплава YG401 подтверждена превосходными результатами испытаний, в результате которых была увеличена стойкость инструмента и сокращены затраты на обработку.

Используя высокоточные сменные пластины Уай Джи Уан в производстве, вы можете рассчитывать на повышение производительности, стабильности и предсказуемости результатов обработки.



ОБНОВЛЕННАЯ ЛИНЕЙКА ПИКОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРОВ



YLPP-25-1-50-R

ULPP-30-1-30-R

GLPP-50-1-50-R

IPG представляет обновленные серии пикосекундных лазеров с излучением на длинах волн 1030 нм (серия YLPP), 532 нм (серия GLPP) и 355 нм (серия ULPP) в компактном 19" корпусе. Последние два построены на гибридной технологии, позволяющей получать энергию в импульсе до 50 мкДж с масштабируемой средней выходной мощностью до 50 Вт. Длительность импульса может быть выбрана заказчиком в диапазоне от 1 до 5 пс. Волоконное испол-

нение обеспечивает стабильность выходных параметров пучка при регулировке пиковой мощности и/или частоты следования импульсов. Новая линейка компактных и эффективных лазеров IPG легко интегрируется в OEM-оборудование и идеально подходит для прецизионной микрообработки. Превосходное качество луча, ультракороткая длительность импульса и высокая энергия в совокупности обеспечивают пиковые плотности мощности, подходящие для микрообработки практически любого материала: металла, стекла, керамики, кремния, пластмасс с минимальной зоной термического влияния.

www.ipgphotonics.com

ЛУЧШИЕ

На выставке «Фотоника. Мир лазеров и оптики» Лазерная ассоциация традиционно подвела итоги конкурса на лучшую отечественную разработку в области фотоники в 2021 году. Поздравляем лауреатов, представивших лучшие разработки!

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

Диплом I степени — параметрический фемтосекундный генератор, серия TOPOL, ООО «Авеста-Проект».

Диплом II степени — корректор наклонов волнового фронта ДП-04, Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева.

Диплом II степени — полупроводниковый импульсный лазер с высокой энергетической яркостью, ООО «НПП «Инжент».

Номинация «Информационно-управленческие технологии и системы фотоники»:

Диплом I степени — мобильный (самолетный, корабельный) поляризационный аэрозольно-рамановский лидар «ЛОЗА-A2», Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева.

Диплом II степени — импульсный ветровой лидар ИВЛ-10000, АО «Лазерные системы».

Номинация «Лазерные технологии в промышленности и энергетике»:

Диплом I степени — система для селективного лазерного сплавления металлических порошков на базе установки M250, АО «Лазерные системы».

Диплом II степени — автоматизированный лазерный технологический комплекс для структурирования поверхностей дентальных имплантатов с целью улучшения их биосовместимости, Университет ИТМО, ООО «Лазерный Центр», ООО «Техник +».

Номинация «Информационные материалы и лабораторное оборудование»:



Лазерный комплекс для структурирования дентальных имплантатов ООО «Лазерный центр» и ООО «Техник+», представленный на выставке «Фотоника». Фото: https://vk.com/wall-92693776_426

Диплом II степени — лабораторный практикум по лазерной физике для высших учебных заведений и кванториумов, Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва.

«Лазер-Информ», №7 (694), апрель 2021

НАГРАДЫ ЗА РАЗРАБОТКИ



<https://stankin.ru/>

МГТУ «СТАНКИН» удостоился сразу трех медалей XXIV Московского международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед-2021»:

- золотая медаль была присуждена за разработку технологии финишной комбинированной вакуумно-плазменной обработки деталей, полученных методами аддитивного производства;

- серебряная медаль — за создание интеллектуальной цифровой платформы для сбора, агрегирования и анализа информации о работе технологического оборудования на промышленных предприятиях;

- бронзовая медаль — за работу по способам формообразования тонкоплатной поковки.

Поздравляем станкиновцев с наградами!



Резидент Технопарка ИТМО

Разработка и поставка лазерно-оптического оборудования и компонентов российского и импортного производства

Выставка
МЕТАЛЛООБРАБОТКА
24 – 28 мая

2021

г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»

Павильон ФОРУМ
стенд № FC070

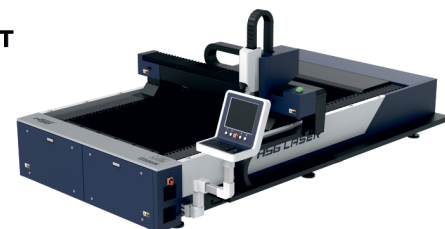
Готовые решения для лазерной обработки металлов мощностью до 20 кВт



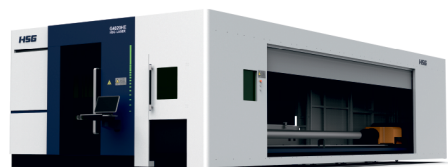
АО «ЛЛС» – официальный дистрибьютор HSG на территории России и стран СНГ

Комплекс лазерной резки листового металла HS-GC

- Источник лазерного излучения IPG/Raycus мощностью **от 1 до 3 кВт**
- Зона обработки **до 13 000 x 2500 мм**
- Сварная станина весом **до 25 000 кг**
- Использование комплектующих от ведущих мировых производителей (**Panasonic, Ophir, Alpha**)
- Лазерная голова **HSG**, разработанная с учетом опыта немецких конструкторов



Комплекс лазерной резки листового металла и труб HS-GHE



- Источник лазерного излучения IPG/Raycus мощностью **от 3 до 20 кВт**
- Модульная конструкция рабочей зоны с полем **до 12 000 x 2500 мм**
- Усиленная станина из марганцевой стали весом **до 45 000 кг**
- Использование европейских комплектующих – **Rexroth, Beckhoff, Ophir, Alpha**
- Защитная кабина по европейскому стандарту безопасности

Комплекс лазерной резки труб HS-TS65

- Источник лазерного излучения IPG/Raycus мощностью **от 1 до 6 кВт**
- Возможность обработки всех видов труб и профилей
- Лазерная голова 3D для резки фасок
- Система автоматической загрузки и разгрузки труб
- Система поддержки и центрирования труб
- Функция скоростной резки **flying cut**
- Готовая база технологических решений



- Подбор лазерных комплексов для решения ваших задач
- Обработка образцов клиентов на оборудовании HSG
- Доставка по всей России и СНГ

- Пуско-наладочные работы и обучение персонала
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание
- Демонстрация оборудования на научно-производственном участке АО «ЛЛС»



lenlasers.ru



lenlasers_spb



lenlasers.ru



lenlasers



+79219246590

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

lls-mark.ru
lenlasers.ru

+7(812)612-99-82
info@lls-mark.ru

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КЛЮЧ К МИРУ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

MSCOne — инновационный универсальный комплекс инженерных компьютерных систем моделирования, который позволяет специалистам беспрепятственно и с минимальными первоначальными вложениями получить доступ ко всем CAE-комплексам компании MSC Software (подразделение Hexagon MI), благодаря специальной жетонной системе лицензирования.

Преимущества MSCOne:

- Ускорение внедрения инновационных решений на основе средств компьютерного моделирования, которые недоступны в других типах лицензий.
- Повышение производительности за счет системы лицензирования, позволяющей создавать гибкую рабочую среду.
- Уменьшение финансовых рисков путем оперативного увеличения или уменьшения количества жетонов согласно текущим потребностям.



• Снижение затрат посредством обеспечения доступа к редко используемым системам, приобретение которых сложно обосновать при обычной системе лицензирования, и консолидация инженерного программного обеспечения для максимально эффективного использования ресурсов, особенно в случае ограниченного бюджета.

Гибкая жетонная система лицензирования MSCOne предоставляется пользователям на правах аренды и благодаря единому доступу к широкому набору программных комплексов для решения многодисциплинарных задач позволяет максимально эффективно распределять ресурсы, инвестируемые в разработку изделий предприятия.

www.mscsoftware.com/ru

ЕВРОПЕЙСКИЕ ЭКСПЕРТЫ О РОБОТИЗАЦИИ

По словам экспертов, прорыв в производстве в Европе сдерживается чрезмерно сложными промышленными роботами.

Не все производители в Европе удовлетворены новыми решениями по автоматизации и роботизации, поскольку применяемые ими технологии не обеспечивают желаемой окупаемости инвестиций и часто простаивают. Так считают эксперты датской промышленной консалтинговой фирмы ChangeForce. Однако ситуацию, по их мнению, можно изменить, сместив акцент на стандартизованных роботов, которые смогут настраивать штатные сотрудники.



«Европа, как и весь остальной мир, движется к новому рекорду по количеству действующих промышленных роботов, но цифры говорят только половину истории. На самом деле, я думаю, что индустрия промышленной робототехники переживает нечто подобное тому, чему мы были свидетелями 20–25 лет назад в эпоху доткомов: много шумихи в сочетании с низкой окупаемостью инвестиций, сильной зависимостью от сторонних интеграторов и, довольно часто, сложные машины, не дающие ожидаемой окупаемости. Я считаю, что европейские производители, в первую очередь малые и средние предприятия, должны

сделать шаг назад и переосмыслить свои стратегии роботизации, чтобы избежать еще больших разочарований», — говорит Торстен Кристенсен (Torsten Christensen), партнер и соучредитель датской промышленной консалтинговой фирмы ChangeForce.

Его поддерживает Томас Ронлев (Thomas Ronlev), генеральный директор компании Factobotics, датско-литовского производителя стандартных промышленных роботов. Он считает, что риск сбоя роботизации еще больше усугубляется очень высокой текущей стоимостью роботизированных решений. Европейские производители часто считают, что их производственные процессы уникальны. Они также часто убеждены в том, что все производственные цепочки и цепочки поставок должны быть автоматизированы. Я думаю, что истина гораздо более приземленная: некоторые процессы действительно созрели для автоматизации, но не каждый процесс и не все сразу. Мы бы увидели большую степень удовлетворенности роботизацией, если бы компании начинали с простых процессов и стандартных роботизированных решений, которые не так дороги и просты в освоении. Некоторые из наиболее успешных производителей используют относительно простую робототехнику», — говорит г-н Ронлев.

На Hannover Messe Digital Edition компания Factobotics продемонстрировала первый в мире стандартный робот для гибки листового металла RoboBend и, как утверждают в компании, уникальное гибкое решение на основе робота Flexu-Weld, которое в настоящее время находится на стадии разработки и полевых испытаний. Это решение основано на инновационной технологии гибких шестигранников FlexHex, которая адаптируется к любой новой детали и удерживает ее на месте для сварки, полностью устраняя необходимость в приспособлениях и зажимных устройствах, складировании и других операциях, что ведет к экономии времени, увеличению производительности и росту прибыли.

Зинаида Сацкая

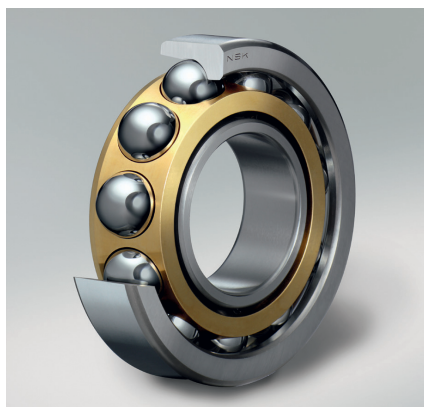
РОБОТИЗАЦИЯ: проблемы, перспективы, рейтинги

Интересный прямой эфир на YouTube-канале «PRO роботов» провела Алиса Конюховская, исполнительный директор НАУРР.

Сначала она рассказала об опросе участников российского рынка робототехники, с содержанием которого читатели могут ознакомиться на с. 23 № 2/2021 нашего журнала, а затем поделилась своим представлением о перспективах развития отечественного робототехнического рынка и причинах его нынешнего состояния.

По мнению Алисы Конюховской, рынок будет расти, но все будет зависеть от областей применения робототехники, которые развиваются неравномерно. Ближайшие пять лет — самое подходящее время занимать место под солнцем, потому что дальше конкурировать будет все труднее.

«Сейчас у нас порядка 6 роботов на 10 тыс. рабочих, тогда как среднемировой показатель — 113 роботов на 10 тысяч рабочих, в Сингапуре и Южной Корее — 700–800 роботов, — рассказывает Алиса Конюховская. — Это не статистика, это уровень развития промышленности. Низкая стоимость человеческого труда — один из барьеров. Она у нас сейчас ниже, чем во всех странах Восточной Европы, и ниже, чем в Китае. Роботы — импортируются, и когда падает курс рубля, то людской труд становится все дешевле, а роботы все дороже, хотя общемировая практика всегда указывает на удешевление технологий. Например, в Китае была сходная картина в нулевые годы и начале десятых. На дешевом труде интенсивно развивалась промышленность, и с выходом на другой экономический уровень использование роботов стало более эффективным, чем дешевый человеческий труд. И в Китае сейчас активно идет роботизация производств, каждый третий промышленный робот устанавливается именно в этой стране. Китай буквально заливал роботизацию деньгами, в том числе через стимулирование производственных компаний закупать роботов. Если европейские дети растут со смартфонами в руках, то китайские дети — с роботами. Это то, что в дальнейшем



Из-за использования неправильных прокладок для подушек пруткового стана техническому персоналу металлургического предприятия приходилось бороться с регулярными отказами подшипников, тратя значительные ресурсы на срочную замену вышедших из строя компонентов.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Однако высокоэффективное обучение, проведенное компанией NSK, позволило вскоре решить проблему и обеспечить впечатляющую годовую экономию в размере 46 190 евро.

Новый порядок расчета прокладок, предложенный компанией, был внесен в обновленную версию СОПа. Кроме того, используемые ранее дорогостоящие подшипники были заменены на подшипники NSK, что позволило добиться еще большей экономии средств. Теперь завод может выполнять плановую замену и при этом не проигрывать в цене.

Радиально-упорные шарикоподшипники NSK HPS обеспечивают значительные преимущества для пользователей промышленного оборудования на сталепрокатных заводах



*Современное высокотехнологичное оборудование
для электродугового нанесения покрытий
Непревзойденное качество и свойства покрытий*

www.t-s-t.ru

будет формировать готовность китайской экономики активно развивать и использовать робототехнику.

Наш рынок мизерно мал, и заметных изменений происходить не будет. У нас в целом не так много массовых производств, у нас больше среднесерийного и мелкосерийного производства. Недостаточно даже человеческих ресурсов, специалистов в области промышленной робототехники, в том числе на предприятиях, которые могли бы внедрять промышленных роботов. К тому же конструирование роботов не относится к числу наших сильных сторон.

Медленная роботизация ведет к потере конкурентоспособности. Если компания не может обеспечивать требуемые объемы производства, это сделает кто-то другой, забрав под себя долю рынка. Банкротство проигравшего конкурента угрожает потерей работы персоналу, а такие риски, к сожалению, обычно меньше оценивают».

И все же у нас есть повод закончить эту заметку на позитивной ноте. По версии Международной федерации робототехники (IFR) Россия в 2019 году заняла второе место в мировом рейтинге производителей сервисных роботов. Их у нас 73. Первое место у США с 223 производителями. Заслуга НАУРР в том, что она сумела систематизировать и продвинуть информацию о наших компаниях до IFR.

Зинаида Сацкая

и других предприятиях металлургической отрасли. Их особенности: удобство обращения, продолжительный срок службы, низкий уровень вибраций, бесшумная работа, увеличенная грузоподъемность, высокая скорость, а также высокая размерная точность и точность вращения. Сепаратор из полиамида — это оптимальный выбор для стандартных условий эксплуатации. Использование других материалов позволяет идеально адаптировать шарикоподшипники NSK HPS к различному промышленному оборудованию, например, к насосам API (механически обработанный латунный сепаратор) и винтовым компрессорам (сепаратор L-PPS).

Пресс-релиз NSK

ДОСТУП РАСШИРЕН

Российский экспортный центр обновил раздел, посвященный онлайн-экспорту. Теперь «Навигатор маркетплейсов» насчитывает 78 маркетплейсов с проработанным алгоритмом выхода российских компаний на экспорт, это почти вдвое больше, чем в прошлом году. С точки зрения новой географии в навигаторе появились зарубежные платформы ряда азиатских стран, Вьетнама и Японии, где РЭЦ сейчас реализует пилотные проекты

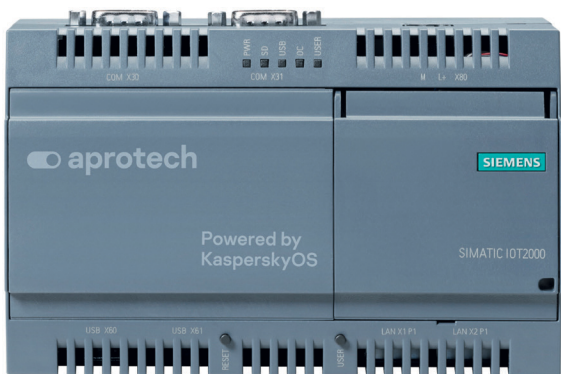
по онлайн-продаже российских продуктов, порядка 15 внутриевропейских площадок. Несмотря на объективные обстоятельства, у экспортеров сейчас есть возможность обеспечить свое присутствие на международных специализированных порталах и подготовить зарубежную аудиторию к снятию ограничений.

<https://stankoinstrument.ru/>

ПЕРВЫЙ КИБЕРИММУННЫЙ ШЛЮЗ

Промышленный шлюз данных Kaspersky IoT Secure Gateway 100 на базе KasperskyOS был представлен на международной промышленной выставке-ярмарке Hannover Messe, а также в рамках онлайн-сессии выставки «Иннопром».

Шлюз позволяет подключать полевые устройства и сенсоры к сервисам промышленного интернета вещей (IIoT), обеспечивая защиту данных, собираемых с оборудования, и их безопасный перенос в цифровые приложения. Kaspersky IoT Secure Gateway 100 обеспечивает прямое защищенное подключение к промышленным доменам с прессовым оборудованием, конвейерами, станками ЧПУ и другими устройствами.



Он соответствует концепции кибериммунности, созданной «Лабораторией Касперского». Благодаря Kaspersky Security System, микроядру KasperskyOS и архитектуре множественных независимых уровней безопасности (MILS) шлюз может выполнять только те действия, которые были предусмотрены на этапе проектирования. Это означает, что большинство традиционных кибератак на кибериммунный шлюз не могут быть эффективными и влиять на его основные функции. Поэтому нет необходимости в дополнительной защите шлюза и подключенного оборудования, такой как антивирус, контроль устройств, диод данных и другие.

Все функциональные компоненты шлюза были разработаны дочерней компанией «Лаборатории Касперского» — НПО «Адаптивные промышленные технологии» (Апротех), которая является официальным партнером Siemens. Совместное решение обеспечивает быстрый доступ к промышленным данным, которые преобразуются в бизнес-результаты с помощью индустриальных приложений с передовой аналитикой и искусственным интеллектом.

<https://www.kaspersky.ru/>



После выступления на выставке Hannover Messe генеральный директор НПО «АПРОТЕХ» Андрей Суворов любезно согласился ответить на вопрос нашего обозревателя.

Господин Суворов, высказанная вами ранее идея о переходе от кибербезопасности к кибериммунитету имеет, по вашему мнению, большой экспортный потенциал. А как бы

вы оценили готовность российских промышленных предприятий воспринять эту идею?

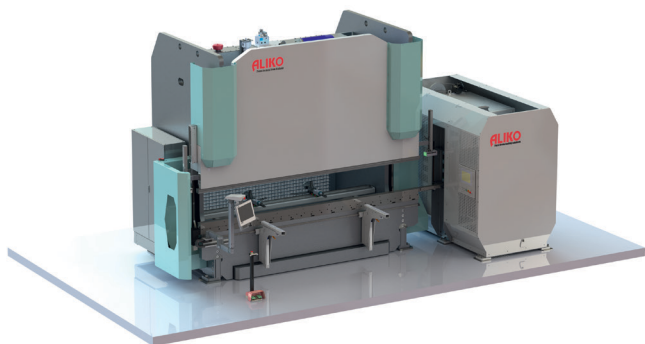
Наше кибериммунное решение можно использовать во всем мире. Первый шлюз IIoT, о котором мы объявили 14 апреля, поддерживает промышленный протокол OPC UA, одну из самых популярных спецификаций, и имеет встроенное подключение к цифровой платформе Siemens MindSphere. Т.е. выпущенная версия устройства в плане функциональности и поддержки протоколов может применяться в глобальном масштабе.

Согласно исследованию Juniper Research, ожидается, что к 2025 году количество IIoT-соединений во всем мире вырастет на 107% и достигнет объема в 36,8 млрд долларов. Сбор и обработка данных с IIoT-датчиков на оборудовании помогает предприятиям лучше понимать рабочие процессы, делает возможным диагностическое обслуживание, повышает эффективность и производительность. Однако основная проблема заключается в том, как связывать промышленную сеть с корпоративной цифровой экосистемой так, чтобы собирать как можно больше информации с оборудования, преобразовывать ее и безопасно отправлять на специальную платформу для хранения и обработки.

Сейчас российский рынок открыт к такого рода идеям: у нас уже более 20 пилотных проектов в этой области (нефтегазовый сектор, металлургия, машиностроение, продукты питания и напитки и т.д.). Часть из них направлена на изучение современных угроз и внедрение политики безопасности на уровне гейтвея для того, чтобы обеспечить продвинутый уровень взаимодействия между физическими активами и цифровыми платформами. Важно отметить, что в данном случае владельцы производственных площадок играют роль драйверов, поскольку исходные промышленные данные преобразуются в технологические и финансовые KPI. Например, частота вращения шпинделя конвертируется в реальную маржинальность за час или смену.

ГИБКА ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ — ПРЕСС ALIKO

Несмотря на пандемию коронавируса, финская компания Aliko Oy Ltd наращивает свою производственную деятельность. **Новый дизайн 2020** оборудования ALIKO затронул не только внешний вид, который благодаря новым цветам и новым элементам стал выглядеть современнее, но и отразил улучшения конструктивных элементов и применяемых комплектующих, рабочих характеристик, повышение производительности и энергоэффективности прессов. Компания вывела на рынок новые, широко востребованные на европейском рынке продукты ALIKO, обеспечивающие значительное повышение производительности листогибочных прессов, том числе ЧПУ-матрицы ALIKO разных моделей с автоматически регулируемой величиной раскрытия ручья матрицы (V) в диапазоне от 20 до 300 мм, которые способны выдерживать удельные нагрузки до 500 тонн на метр, и абсолютно новый продукт — магазин листогибочного инструмента ALIKO, предназначенный для быстрой смены и хранения нескольких комплектов листогибочного инструмента.



Общее количество единиц поставленных клиентам стандартных моделей листогибочных прессов с ЧПУ серии ALIKO F-SERIES и серии ALIKO HEAVY DUTY практически сравнимо с прошлыми годами, в этом году заключен новый контракт на поставку крупного пресса серии ALIKO GIANT*.

Свежие референции. Новый пресс модели ALIKO GIANT SP8000–1000 (длина гибки 8 метров и усилие 1000 тонн), укомплектованный ЧПУ-матрицей ALIKO (регулировка ручья (V) от 40...200 мм, шаг регулировки 10 мм, время регулировки 50 сек., выдерживаемая нагрузка до 500 т/м,) и комплектом составного верхнего инструмента, сейчас находится в производстве и в скором времени будет поставлен клиенту. Это уже пятый по счету листогибочный пресс ALIKO, приобретаемый одним и тем же клиентом для собственного производства. Новый пресс модели ALIKO SP7000–800 HD с ЧПУ-МАТРИЦЕЙ ALIKO, передними следящими ЧПУ-поддержками введен в эксплуатацию в апреле 2021 года. И конечно, новый пресс модели ALIKO SP6000–500 HD, запущенный на производственной площадке российского предприятия в январе 2021 года.

ALIKO в очередной раз подтверждает свои позиции одного из мировых лидеров в производстве гидравлических листогибочных прессов с большим усилием гибки, в том числе свыше 1000 тонн, постоянным расширением

референт-листа реализованных проектов международных поставок прессов с усилием гибки от 220 тонн до 4000 тонн.

Адаптация рабочих характеристик пресса, в том числе увеличение глубины или высоты зева, длины рабочего хода траверсы, применение различных вспомогательных устройств и разработка специального гибочного инструмента в соответствии с производственными потребностями клиентов, проектирование и производство инструмента для листогибочных прессов любых марок и производителей, восстановление и модернизация листогибочных прессов — это то, в чем компания имеет огромный опыт и отличные результаты.

Например, листогибочный пресс, выдерживающий удельную нагрузку до 1000 т/м метр, или тандем листогибочных прессов общей длиной гибки более 12 метров и усилием гибки 1500 тонн, или пресс с единой траверсой длиной 14 метров и усилием 2500 тонн, спроектированный для производства элементов башен ветрогенераторов, — это все и многое другое стало реальностью.

Отличное финское качество, оптимальное соотношение цена/качество, гибкий подход к клиенту и неограниченный срок эксплуатации позволяют с уверенностью утверждать, что оборудование ALIKO — это действительно лидер!

Надёжный партнер и официальный дилер в РФ «Компания АМГ» (www.companuamg.ru) предоставляет услуги по поставке, проведению пуско-наладочных работ, обучению и обслуживанию оборудования ALIKO.

Ждем встречи на выставке «Металлообработка 2021», павильон 3 / стенд 3D20.



* Серия ALIKO F-SERIES — листогибочные гидравлические прессы с ЧПУ усилием 220, 320, 400 тонн.

Серия ALIKO HEAVY DUTY — листогибочные прессы усилием 500...800 тонн.

Серия ALIKO GIANT — листогибочные гидравлические прессы с ЧПУ усилием 1000...4000 тонн.

ALIKO
Press brakes from Finland

Aliko Oy Ltd, Финляндия
эл.почта: info@aliko.fi
ilya.ulanen@aliko.fi
тел. +358 44 335 86 36
сайт: www.aliko.fi/ru

KENNAMETAL ПРЕДСТАВЛЯЕТ СВЕРЛО FBX ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Компания Kennametal представляет новое сверло FBX для формирования отверстий с плоским дном в структурных деталях аэрокосмического назначения. Запатентованное сверло FBX обеспечивает высокую стабильность обработки и увеличение скорости снятия металла на 200% при сверлении жаропрочных сплавов, нержавеющей стали и других материалов. Это первый представитель инструментального трио, включающего также серии концевых фрез HARVI™ Ultra 8X и HARVI™, специально разработанных компанией для сокращения времени производственного цикла в вышеупомянутой области применения.

Быстрое и эффективное удаление большого объема металла с таких деталей всегда является непростой задачей. Традиционно обработка заключается в выборке материала методом врезания. Это трудоемкий процесс, для которого низкая скорость снятия материала является нормой.

«Сверло FBX значительно ускоряет процесс обработки благодаря объединению преимуществ сверла с плоским торцом и возможности врезаться с подачей по оси z. Конструкция сверла с плоским торцом исключает влияние радиальных сил, а четыре эффективные режущие кромки увеличивают значения подачи и скорости», — сообщил Георг Рот, менеджер по продукции компании Kennametal.

После того, как сверло придаст детали нужную форму, процесс переходит на следующие этапы — черновую и чистовую обработку с использованием фрез со сменными пластинами и цельных твердосплавных концевых фрез.

УНИКАЛЬНЫЙ ДИЗАЙН

Четыре эффективные режущие кромки обеспечивают стабильную работу в сложных условиях, например, при сверлении последовательности отверстий, а большие стружечные канавки обеспечивают беспрепятственный отвод стружки. Работа с высокими подачами возможна благодаря центральной пластине со стружколомом и двумя эффективными режущими кромками, а также целенаправленному подводу СОЖ, предотвращающему перегрев сверла. Корпуса сверл доступны в исполнениях с различ-



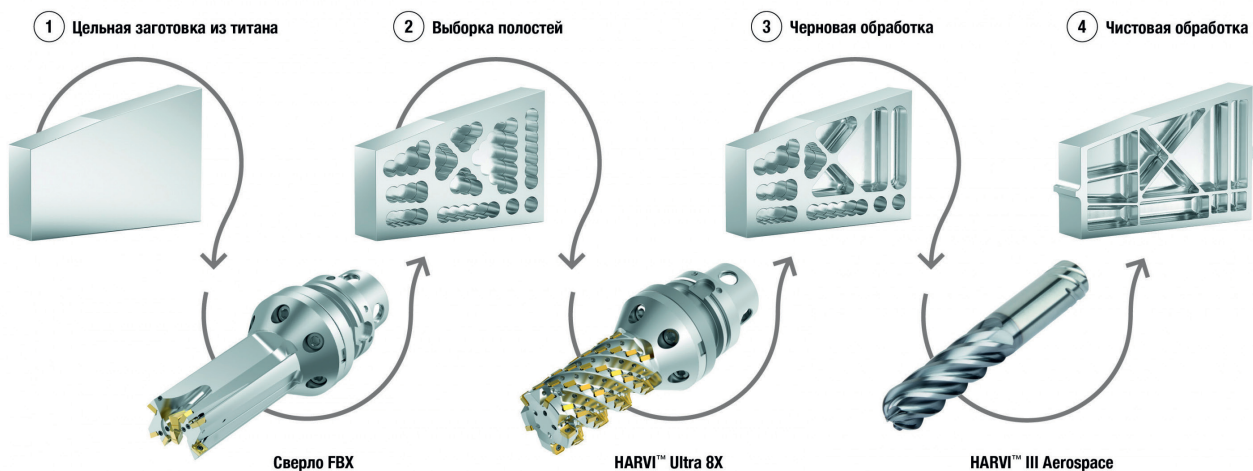
Конструкция сверла FBX обеспечивает направление сил резания вдоль оси инструмента, что минимизирует отжим, повышает стойкость и эффективность удаления металла

ными диаметрами (60, 75 и 90 мм) и длиной (150 и 95 мм). Сверла имеют болтовое фланцевое соединение (ВТФ) для закрепления в адаптерах разного типа при использовании на различных станках.

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В ОДНОМ ИНСТРУМЕНТЕ

Сверла FBX идеально подходят для сверления в цельном материале и формирования последовательности отверстий в деталях из различных материалов — жаропрочных сплавов, чугуна, конструкционной и нержавеющей стали. Благодаря универсальной конструкции эти сверла найдут свое применение в разных областях, таких как общее машиностроение и электроэнергетика.

www.kennametal.com



Сверло FBX является частью инструментального трио, специально разработанного для повышения скорости удаления металла и сокращения времени производственного цикла при обработке структурных деталей аэрокосмической отрасли



АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ В СВОЕЙ СУТИ

HARVI™ ULTRA 8X

Ti6Al-4V – это конструкционная обработка аэрокосмических компонентов с постоянным сроком службы инструмента один час или более. Инновационная технология винтового фрезерования с 8 режущими кромками на пластину, позволяющая удалять 20 кубических дюймов материала в минуту. HARVI™ Ultra 8X – инструмент, аэрокосмический в своей сути.

«МЕТАЛЛООБРАБОТКА» ГОД КОРМИТ

Деловая программа интернет-выставки «Станки-Экспо» пополнилась презентацией майской выставки «Металлообработка».

В своем вступительном слове Алексей Песков, генеральный директор выставки «Станки-Экспо» сказал, что ожидает выставку 2021 года с оптимизмом. Причин несколько. Прежде всего, поскольку в 2020 году выставка из-за пандемии не состоялась, участники смогли подготовиться к выставке более совершенную продукцию и увеличить число экспонатов. Появление нескольких правительственных постановлений добавляет оптимизма. В конце минувшего года утверждена стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года. Некоторые вопросы еще требуют прояснения, но у бизнеса появились ориентиры на долгие годы. И главное — это появление постановления № 2013 от 3 декабря «О минимальной доле закупок товаров российского происхождения», что обещает российским станкостроителям увеличение объема заказов.

ИННОВАЦИИ НА МАРШЕ

Елена Гусева, начальник управления собственных выставок АО «Экспоцентр», тоже настроена оптимистично. Подтвердили участие более 500 компаний на площади более 28 тыс. кв м, и комплектование продолжается.

Претерпела изменения структура экспозиции. К выставке 2021 года сделано три новых салона: «Оборудование и технологии для обработки поверхностей», «Индустрия 4.0», «Аддитивные технологии. Промышленная 3D-печать». Салон «Индустрия 4.0» пройдет в гибридном формате: офлайн дополнится трансляцией на Youtube, что значительно расширяет аудиторию участников. Экспозиция «Аддитивные технологии. Промышленная 3D-печать» дополнит четырехдневная международная конференция по аддитивным технологиям и решениям индустрии 3D. Конференция будет проходить в нестандартном формате тематических дней: 1) день ассоциаций пользователей аддитивных технологий; 2) день технологий, 3) день инжиниринга; 4) день науки.

ВЫСТАВКИ В НОВОМ ФОРМАТЕ

В «Экспоцентре» состоялся международный круглый стол «Перспективы развития станкостроительной отрасли: новые возможности во взаимодействии выставочных компаний и отраслевых ассоциаций и союзов», организованный АО «Экспоцентр» при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ. На мероприятии, приуроченном к предстоящей крупнейшей международной выставке в России в области станкостроения «Металлообработка-2021», были обсуждены такие актуальные темы, как использование цифровых инструментов продвижения в станкостроении, онлайн- и гибридные форматы проведения выставок в новых условиях. Начальник управления собственных выставок «Экспоцентра» Елена Гусева сообщила, что в 2021 году у каждой компании есть возможность удаленного участия в выставке с профессиональным стендистом и услугой «Онлайн-офис». Опыт использования этой услуги уже дал положительную обратную связь.

Традиционно будут представлены робототехника, сварка и производственные процессы, связанные со сваркой. В перспективе раздел сварки станет самостоятельной выставкой RusWeld, которая будет проводиться на Российской промышленной неделе в октябре.

Впервые пройдут соревнования участников расширенного состава национальной сборной WorldSkills Russia. Соглашение с НО Союз «Молодые Профессии» (Ворлдскиллс Россия) о соревнованиях касается не только выставки «Металлообработка», но и всех выставок Экспоцентра.

Самым важным событием станет организованное Минпромторгом РФ и Российским технологическим агентством пленарное заседание форума «Перспективы и механизмы реализации стратегии развития станкоинструментальной промышленности в РФ».

ЕСТЬ ВОПРОСЫ

Признавая высокое качество выставки «Металлообработка» и ее прекрасную организацию, российские станкостроители, принявшие участие в презентации «Экспоцентра», высказали давно набоевшее и волнующее всех. Это затраты на погрузочно-разгрузочные работы. Они ощутимо бьют по карману. Ульяновский завод тяжелых станков отказался от экспонирования половины станков, потому что, по словам генерального директора УЗТС Сергея Калужского, затраты на погрузку-выгрузку превышают стоимость участия в выставке, ведь кроме оплаты стенда еще надо содержать персонал, который на выставке должен работать.

Беспокоил участников презентации и другой вопрос — обеспечение санитарных норм безопасности, связанных с коронавирусом. Как обеспечить социальную дистанцию в 1,5 м в условиях скопления людей, особенно в первый день? Как оптимизировать посетительские потоки?

Выставка ответит на эти вопросы.

Зинаида Сацкая



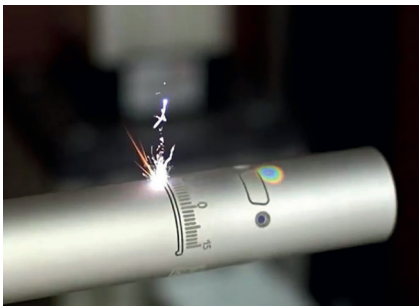
В работе круглого стола, который проходил в гибридном формате, также приняли участие заместитель министра промышленности и торговли РФ Михаил Иванов, представители Российского экспортного центра, профильных отраслевых организаций России, руководители Европейской ассоциации машиностроительной индустрии и сопутствующих производственных технологий (CECIMO) и ассоциаций станкостроителей и машиностроителей Великобритании, Германии, Индии, Италии, Китая, Тайваня, Турции, Чехии, Швейцарии. Они поделились своим опытом в продвижении станкоинструментальной продукции в новых форматах с использованием выставочных механизмов и, в частности, во взаимодействии с «Экспоцентром».

Зинаида Сацкая

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

стенд 21D20 (павильон № 2, зал 1)

Время идет вперед, и «Лазерный центр» не стоит на месте, разрабатывая все новые и новые системы лазерной обработки. В этом году на выставке «Металлообработка» компания предлагает ознакомиться с передовыми технологиями и станками, которые завтра будут основой современной промышленности.



Новинки лазерных технологий и оборудования:

- «Турбо-Форма» — система лазерно-эрозионной обработки,
- «МикроСет» — система точной лазерной микрообработки,
- RX — система прецизионной лазерной резки,
- специальный стенд «Роботизированная лазерная обработка»,
- стенд «Автоматизированная маркировка и сквозной учет».

Новые технологии позволяют оператору станка получить качественную лазерную обработку «на кончиках пальцев». Мобильное оборудование — это основа гибкого современного производства:

- для гравировки металлов — серии «МиниМаркер 2P»,
- для маркировки неметаллов — серии «С-Маркер Р»,
- для очистки — серии «Turbo Clean»,
- для сварки — серии «BlackLight» и «Фотон-Компакт».

На выставке также будут представлены хорошо зарекомендовавшие себя на российском рынке стан-

ки серий: Trotec Speedy, «Турбо-Маркер», Cutrin и др. Эти станки обеспечивают основные технологии лазерной обработки для промышленности: резка, гравировка, маркировка металлических и неметаллических изделий.

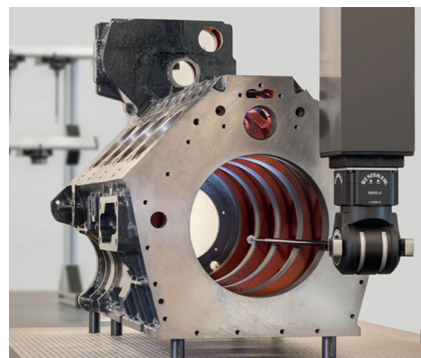
Компания приглашает провести тест-драйв представленного оборудования.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ

стенд 21C15 (павильон № 2, зал 1)

Компания Renishaw представит на выставке «Металлообработка-2021» высокотехнологичные интеллектуальные решения для автоматизации производства.

Будет демонстрироваться лазерная система для юстировки XK10, предназначенная для контроля геометрических погрешностей и погрешностей углового позиционирования станков; многоосевой калибратор XM-60 — лазерная измерительная система, способная измерять погрешности в шести степенях свободы вдоль линейной оси одновременно после однократной настройки. Кроме того, посетители стенда увидят уже хорошо известные разработки компании, среди которых — лазерные интерферометрические калибровочные системы с устройством для проверки поворотных осей, система диагностики станков Ballbar QC20-W, универсальная система цифровых шаблонов Equator™, система SPRINT™, маг-



нитные и оптические датчики положения (энкодеры), а также 5-осевая мультисенсорная система REVO® для координатно-измерительных машин с оптическим измерительным датчиком.

НОВИНКА ОТ MAZAK

стенд FD 100 (павильон «Форум»)

Если на вашем производстве есть задачи, связанные с обработкой зубчатых колес, то новый станок компании Mazak INTEGREX i-200 AG — это идеальное решение. Все операции по обработке зубчатых колес, для которых ранее требовались специализированные станки, теперь могут выполняться на одном благодаря уникальной технологии управления автоматическим зубонарезанием (AG). INTEGREX i-200 AG производит зубчатое колесо, соответствующее всем техническим характеристикам, с первого раза и исключает необходимость предварительной подготовки детали.



Преимущества станка INTEGREX i-200 AG заключаются в следующем:

- 3 метода обработки зубчатых колес: Skiving (зуботочение), Hobbing (зубофрезерование — обработка червячной фрезой) и Milling (фрезерование концевой фрезой) для обработки и производства широкой номенклатуры зубчатых колес;
- сокращение времени настройки и обработки;
- автоматическое удаление заусенцев;
- автоматический контроль профиля зубчатого колеса.

**ЛАЗЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ОТ ОТЕЧЕСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДИТЕЛЯ**

стенд 3В10 (павильон 3)

Группа компаний «Лазеры и аппаратура» традиционно принимает участие в выставке «Металлообработка». В этом году компания покажет в работе две флагманские машины.

Установка МЛ 35 предназначена для высокоточной лазерной резки и раскроя различных листовых металлов размерами до 1500x3000 мм и толщиной до 25 мм. Обрабатываемые материалы: стали (конструкционные, углеродистые, инструментальные, нержавеющие, электротехнические, оцинкованные), цветные металлы (алюминий и сплавы на его основе, бронза, латунь, титан и другие).



МЛ35

Станок для лазерной сварки металлов МЛК4 предназначен для точечной и шовной ручной и автоматизированной лазерной сварки металлов, тугоплавких материалов, сплавов. Может оснащаться широким спектром опций, расширяющим и дополняющим его возможности, среди которых прецизионная резка, сложноконтурный раскрой, прошивка отверстий. Обрабатываемые материалы: конструкционная сталь, нержавеющая сталь, алюминий, титан, ковар, медь, латунь, цирконий, магний, золото, серебро, керамика, ситалл.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД

стенд 76В01 (павильон №7, зал 6)

Компания «Видис Групп» впервые представит концепцию комплексного подхода к решению задач металлообрабатывающих производств: от программ по подбору инструмента до систем хранения и оптимизации рабочих мест. Особое внимание, как и ранее, компания уделяет металлообрабатывающему и вспомогательному инструменту.

Будут демонстрироваться оптимальные решения как мировых, так и отечественных брендов—произво-



дителей инструмента и оснастки, включая передовые новинки. Кроме того, на стенде ООО «Видис Групп» посетители увидят широкий ассортимент продукции бренда WIDIA (Германия), чьим официальным дистрибьютором компания является уже более 10 лет.

**ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛА
НА СТЕНДЕ «ЛЛС»**

стенд FC070 (павильон «Форум»)

АО «ЛЛС» (Санкт-Петербург) представит на своем стенде высокотехнологичный станок компании HSG для резки листового металла. Станок серии GC предназначен для резки алюминиевых сплавов, углеродистой и нержавеющей стали.

Характеристики: источник лазерного излучения Raucus мощность 2 кВт; цельносварная станина; габариты 4850×2730×1700 мм; рабочая зона 3000×1500 мм; использование комплектующих ведущих брендов: Panasonic, Ophir, Alpha; лазерная голова HSG, разработанная с учетом опыта немецких конструкторов.



Станок серии GC компании HSG — высокоэффективное оборудование и стабильно высокий результат, подходит как для малых, так и для крупных предприятий.

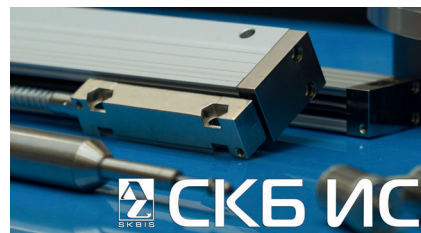
На стенде «ЛЛС» представит и другое оборудование для лазерной обработки материалов: IPG LightWELD 1500 — система лазерной сварки; система лазерной маркировки на базе УФ-источника; гальванометрические сканаторы SCANLAB; промышленный робот FANUC с позиционером.

Компания «ЛЛС» приглашает всех провести тест-драйв представленного оборудования!

**АБСОЛЮТНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ
ЭНКОДЕРЫ СКБ ИС**

стенд 21Е01 (павильон 2, зал 1)

Преобразователи линейных и угловых перемещений (энкодеры) являются составной частью почти любого современного станка. Без них невозможно полноценное управление механизмами: энкодеры устанавливаются для контроля вращения двигателей, для получения обратной связи, для позиционирования по линейным осям и контроля угла поворота осей, контроля скорости шпинделя, положения револьверной головки.



В решениях для станков с ЧПУ можно видеть применение как инкрементных, так и абсолютных линейных и угловых энкодеров, для позиционирования по осям. Абсолютные линейные энкодеры экономят время обработки, так как не требуют выхода в ноль для определения положения по оси. ОАО «СКБ ИС» серийно выпускает модели энкодеров с открытыми абсолютными интерфейсами SSI и BiSS, которые работают с системами ЧПУ Siemens, «Балт-Систем», «Мод-МашСофт». Закрытые интерфейсы FANUC α и FANUC αi также реализованы на новых моделях абсолютных энкодеров, что даст возможность использовать российские линейки СКБ ИС с широко распространенными системами ЧПУ известного японского бренда. На данный момент ведутся переговоры по внедрению интерфейсов Mitsubishi и DRIVE-CLiQ (Siemens) в продукцию СКБ ИС, что позволит повысить уровень локализации производителям оборудования, использующим системы ЧПУ данных брендов.

Точностные характеристики линейных датчиков перемещений контролируются в собственной метрологической лаборатории СКБ ИС, которая расположена в специально подготовленном подземном помещении со стабилизацией температуры и влажности воздуха. На стенде для контроля погрешностей линейных преобразователей уже прошли испытания новые модели станочных линейек с разрешением 10 нанометров.

СПОНСОР ВЫСТАВКИ
«МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2021»

стенд 1В10 (павильон №1)

В 2021 году ГК «Финвал» исполняется 30 лет. За прошедшие годы многопрофильная экспертиза компании подтверждена реализованными проектами на 2500 российских предприятиях.



По традиции ГК «Финвал» выступает спонсором выставки «Металлообработка». Компания готовит юбилейную экспозицию и усилит деловую программу, основанную на фундаментальных знаниях потребностей заказчиков в промышленном оборудовании, инструменте, сервисе и обучении.

В деловой программе будут освещены следующие темы:

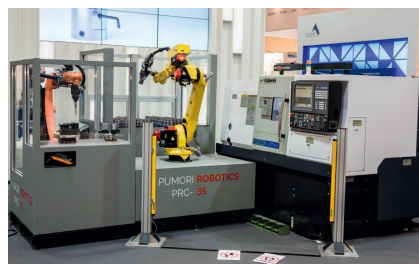
- Презентация дорожной карты цифровой трансформации предприятия, подготовленная на базе реализованных проектов ГК «Финвал».
- Экономическая эффективность инвестиций предприятий в станочный парк.
- Обзор мирового и российского рынка оборудования и инструмента.

- Сравнение технологических возможностей европейских и азиатских производителей оборудования.

- Решения ГК «Финвал» в реализации высокотехнологичных проектов российских предприятий. Презентация кейсов в сегментах термообработки, зубообработки, токарно-фрезерных центров.

ОБШИРНАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ

стенд 3D50 (павильон 3)



На стенде компании «Пумори-северо-запад» будет показан роботизированный комплекс PUMORI ROBOTICS собственной разработки. Комплекс выполняет функции загрузки/выгрузки станка и позволяет производить слесарные операции во время простоя робота, за счет снижения вспомогательного времени, увеличить количество произведенных деталей за единицу времени и тем самым снизить себестоимость готового изделия.

Также будут представлены:

- портальный обрабатывающий центр CMS Antares (Италия), предназначенный для высокоскоростной обработки цветных металлов, композитных материалов, эпоксидных и полиуретановых смол, углепластиков, древесины и материалов, имеющих сотовую структуру;
- автоматический консольный ленточнопильный станок IMET (Италия);
- электрический трубогибочный станок с ЧПУ с вращающейся консолью VLB (Португалия);
- песко-дробеструйная кабина эжекторного типа Norblast (Италия);
- автоматический лифтовый склад (Россия).

Специалисты компании также приглашают посетить стенд партнера — одного из крупнейших мировых производителей металлорежущего оборудования OKUMA (Япония) — стенд 3С50 (павильон 3), где будут представлены новинки компании в области автоматизации металлорежущего оборудования: роботизированные системы ARMROID и STANDROID. ARMROID спроектирована как шарнирный манипулятор, встроенный прямо в станок, а STANDROID — как отдельно стоящая роботизированная рука, предназначенная для взаимодействия со станками Okuma и повышения эффективности производства.

INDUSTRY3D
аддитивные технологии и 3D-решения

ЭКСПОЦЕНТР
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

25-28 мая 2021 г.

ИНДУСТРИЯ-3D

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО АДДИТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И 3D - РЕШЕНИЯМ
на выставке «Металлообработка-2021»

industry3d.ru | info@industry3d.ru

METAL MASTER ПОДДЕРЖИТ РОССИЙСКУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ НОВОЙ ГРУППОЙ ТЯЖЕЛЫХ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ПО СПРАВЕДЛИВОЙ РЫНОЧНОЙ ЦЕНЕ

www.metalmaster.ru

Весной 2021 года компания Metal Master представила на российский рынок новую уникальную линейку тяжелых промышленных универсальных токарных станков серии Metal Master ZH.

Модели этой группы являются результатом удачного синтеза современных мировых тенденций станкостроения и традиций старой советской школы. Наряду с вошедшим в моду устройством цифровой индикации, ставшим незаменимым помощником современного токаря, станки Metal Master ZH, как и легендарные модели времен СССР, комплектуются устройством ускоренной подачи суппорта. При этом сам станок базируется на мощной чугунной тумбе, что является залогом жесткости и устойчивости конструкции и, как следствие, высокой точности обработки.

«Прежде чем вывести на рынок токарные станки линейки Metal Master ZH, мы внимательно анализировали спрос на оборудование данного класса. Также основательно был изучен круг задач, для решения которых клиенты предполагают использовать станки подобного формата и функционала. Прodelав эту работу, мы получили портрет «идеального станка» Metal Master ZH — тяжелого токарного станка с мощным двигателем и увеличенной жесткостью за счет массивного чугунного основания, при этом дополнительно оснащенного ускоренной подачей суппорта и системой УЦИ, — отмечает Евгений Ильин, коммерческий директор компании Metal Master. — Кстати, это было очень интересное исследование, давшее неожиданные результаты. Несмотря на очевидную тенденцию к переходу на станки с числовым программным управлением, классический тяжелый токарный станок не утратил своей актуальности. Он значительно дешевле, прост в обслуживании, надежен и неприхотлив. Оснащенный современными дополнительными приспособлениями, он незаменим в ремонтных цехах и на промышленных предприятиях. Еще одна нетривиальная область применения таких станков — выполнение нестандартных задач в лабораториях крупных заводов и КБ.



Metal Master ZH 51100 DRO RFS

В процессе подготовки к серийным поставкам Metal Master ZH на российский рынок, мы были максимально сконцентрированы на эффективности производственного процесса и соблюдении всех современных отраслевых стандартов. В результате, нам удалось добиться чрезвычайно привлекательной розничной цены для конечного потребителя без ущерба качества и без экономии на материалах», — продолжает Евгений.

Прodelанная компанией Metal Master работа дала возможность предложить любому потенциальному покупателю большие промышленные токарные станки, позволяющие заменить старое, морально устаревшее оборудование или осуществить комплектацию нового производства высококачественными металлорежущими агрегатами по ценам ниже сложившегося рыночного уровня.

Производственные площадки Metal Master, изготавливающие промышленные токарные станки Metal Master ZH, сертифицированы в соответствии со стандартом ISO9001. Все станки сопровождаются гарантийной поддержкой производителя.

«Сегодня, несмотря на все трудности, а возможно, и благодаря им, наш рынок имеет большой потенциал роста. Действующие производства растут и развиваются. Открываются новые. Мы видим увеличение бюджетирования и поддержки наиболее важных для экономики страны промышленных отраслей, таких как судостроение, авиастроение и пр. Многие из этих производств требуют применения тяжелого промышленного оборудования, к которому напрямую относятся станки Metal Master ZH. Это открывает нам широкие возможности для сотрудничества с крупными промышленными предприятиями, ведь они заинтересованы в таких станках, как Metal Master ZH, больше, чем кто-либо другой!» — резюмирует Евгений.

Краткий обзор моделей линейки промышленных токарных станков Metal Master ZH:

Станки Metal Master ZH DRO RFS — это универсальные токарно-винторезные станки, предназначенные для обработки резанием заготовок из конструкционных материалов, таких как сталь, чугун, сплавы из цветных металлов, а также для нарезания метрических, дюймовых, модульных и питчевых резьб.

- Metal Master ZH 51100 DRO RFS. Диаметр обработки — 510 мм, ПМЦ — 1000 мм.
- Metal Master ZH 51150 DRO RFS. Диаметр обработки — 510 мм, ПМЦ — 1500 мм.
- Metal Master ZH 66150 DRO RFS. Диаметр обработки — 660 мм, ПМЦ — 1500 мм.

Особенности станков:

- Массивная литая станина из серого чугуна. Массивная чугунная тумба. Мощный двигатель — 7,5 кВт.
- Система быстрого перемещения суппорта (RFS). 3-осевое УЦИ.
- Увеличенный диаметр проходного отверстия — 82 мм.

Станки Metal Master ZH DRO RFS — лучший выбор для профессионала при подборе станка для среднего и большого промышленного производства.

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

www.metalmaster.ru

БОЛЬШИЕ и МОЩНЫЕ



ТОКАРНЫЕ СТАНКИ
Metal Master ZH DRO RFS
Самая желанная новинка
2021 года!

METAL
MASTER 

www.metalmaster.ru
8 (800) 775 78 34

СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

«Каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности...» — ст. 37 гл. 2 Конституции Российской Федерации.

Соблюдение безопасности труда работающих является одной из основных задач администрации производственных предприятий. При современном уровне развитии технологий количество систем безопасности, установленных в ленточнопильных станках, с каждым годом увеличивается. Технические и технологические решения, сокращающие риски для операторов и работников предприятий, уже давно входят в базовые комплектации станков. Номенклатура ленточнопильных станков, выпускаемых на зарубежном рынке и в Российской Федерации, весьма обширна. В качестве примера возьмем системы безопасности, применяемые на вертикальном ленточнопильном станке модели HDS-1500TC, производимом группой компаний «Объединенная станкоинструментальная компания» (Россия).

Установочная площадка данного типа станков должна превышать габаритные размеры на 1000 мм по всем измерениям для исключения нахождения оператора станка в непосредственной близости от движущихся частей и избегания механических повреждений.

На верхней точке рамы станка устанавливается светосигнальная колонна — зеленым сигнализирует о нормальной работе станка, желтым — предупреждение о поломке, станок останавливается, красным — ошибка в работе оборудования, станок требует ремонта. На пульте управления установлен экран для вывода системных ошибок в работе.

На всех открывающихся кожухах устанавливаются электромеханические позиционно-чувствительные датчики

принудительного размыкания. Срабатывание блокировочного устройства вызывает останов станка и вывод на экран оператора сообщение об ошибке.

Для проведения обслуживающих работ и работ по замене полотна предусмотрен перевод станка в режим наладки посредством кнопки с защитным кожухом, расположенной на пульте управления. Этот режим обеспечивает работу на станке со сниженным уровнем опасности. Система управления блокирует двигатели привода полотна, рамы станка, системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости и конвейера стружки.

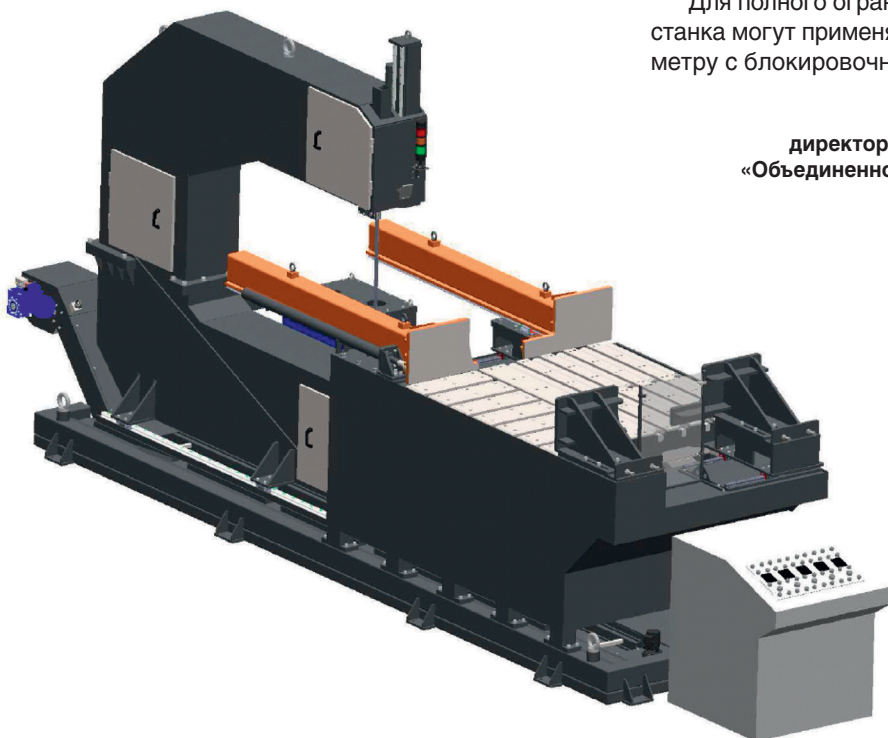
В процессе работы после раскрытия заготовки станок автоматически останавливает движение полотна, для этого служит оптический или индукционный датчик контроля положения заготовки. Верхняя направляющая полотна оборудована кожухом, закрывающим случайный доступ к движущемуся инструменту. В станках обязательно предусмотрен датчик контроля полотна, срабатывающий при обрыве ленточной пилы.

Электрический шкаф изготавливается с защитой IP54 для предотвращения попадания пыли и брызг со всех сторон. Тепловая защита на двигателях предотвращает выход двигателя из строя в результате перегрева и возможного возгорания.

Не менее важной частью охраны труда является применение ламп освещения рабочей зоны, обеспечивающих норму освещенности 200–300 лк. Пульт управления модели HDS-1500TC располагается отдельно от станка и должен быть установлен на удобном для оператора месте, с возможностью хорошего обзора зоны реза. Ввиду больших габаритов станка кнопка аварийной остановки должна быть предусмотрена как на пульте управления, так и на корпусе станка.

Для полного ограничения доступа в зону работающего станка могут применяться защитные ограждения по периметру с блокировочными устройствами доступа.

Е.М. Мазуркевич,
директор по продажам отрезного оборудования
«Объединенной станкоинструментальной компании»

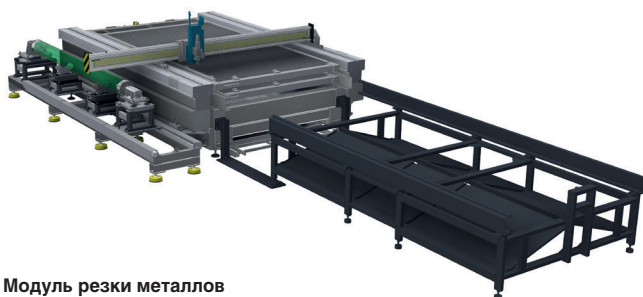


ШИРОКОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ: ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В 2020 году в России разработали широкофункциональную установку для лазерной обработки металлов. Она обеспечивает резку, сварку (в том числе с применением присадочного материала), закалку и наплавку порошковых металлов на изделие. Все эти операции производятся как на листовых металлах, так и на трубе. Опишем основные особенности машин подобного типа, предназначенных для комплексной обработки металлов.

Высокая точность обработки обеспечивается конструкцией станка, его устойчивостью к возникающим вибрациям в процессе работы, а также контролем качества поверхностей и сборки на всех этапах изготовления. По оценкам экспертов, наиболее надежными и виброустойчивыми основаниями для машин лазерной металлообработки являются консольные конструкции. При применении этих принципов в станкостроении можно обеспечить весьма высокую повторяемость и точность позиционирования изделий на машине.

Еще одной ключевой особенностью многофункциональных машин для лазерной металлообработки выступает использование в их конструкции линейных двигателей, используемых для перемещения рабочих столов, источников излучения, а также для подачи материала в зону обработки. Преимущества линейных двигателей очевидны: высокая точность позиционирования и отсутствие трущихся друг об друга частей. Применение линейных двигателей при производстве лазерных машин позволяет упростить или полностью исключить механическую передачу, повысить экономичность и надежность работы как привода, так и всей машины в целом.



Модуль резки металлов

Многофункциональность промышленных систем, предназначенных для металлообработки, обеспечивается за счет ряда сменных узлов, в частности, модулей оптических головок. Традиционно разные технологии обработки металлов реализуются на разных станках, поскольку переналадка машин традиционного типа довольно сложна, трудоемка и занимает много времени. В разработке НПЦ «Лазеры и аппаратура» конструкцию машины упростили из-за того, что многофункциональность установки была принципиальна для заказчика. Это дало возможность осуществлять переналадку простой заменой модулей агрегата. Важно отметить, что существующие на рынке модули лазерных машин в принципе предполагают возможность работать с такими технологиями. Многофункциональная машина была произведена и



Модуль сварки и наплавки

поставлена в научно-исследовательский центр, который разрабатывает новые технологии металлообработки и изготавливает небольшие партии деталей на заказ.

Таким образом, можно выделить ключевые особенности и преимущества многофункциональных лазерных машин для обработки металлов:

- Высокая повторяемость и точность позиционирования рабочей головки.
- Возможность обработки как крупногабаритных изделий сложной формы, так и листовых металлов, труб, тонкостенных изделий и ответственных конструкций на одной установке.
- Высокая точность и минимальная погрешность при выполнении резов.
- Учет особенностей при работе с хрупкими, твердыми, тугоплавкими, магнитными и прочими сплавами со специальными свойствами.
- Высокое качество края и торца реза, не нуждающихся в последующей шлифовке, удалении окалины или заусенцев.
- Возможность быстро и точно изготавливать заготовки любой формы.
- Сокращение времени на переналадку машины.
- Общее упрощение производственных операций и удешевление процесса.

Вышеописанные особенности позволяют реализовать повышенную производительность и достичь улучшенных качественных показателей лазерной обработки металлов в промышленности.

Эксперты отрасли полагают, что в ближайшее время технологии производства многофункциональных промышленных машин перейдут из плоскости заказных экспериментальных разработок к серийному изготовлению таких машин. На основе этого подхода «Лазеры и аппаратура» производит, например, габаритные пятикоординатные сварочные установки, которые работают как с листовыми металлами, так и с трубой и оснащены функцией закалки. Следовательно, комплексный подход в этой области машиностроения имеет весьма широкие перспективы для развития.

**Алексей Алексеев, руководитель направления специальных проектов НПЦ «Лазеры и аппаратура»,
aalekseev@laserapr.ru**

РЕВОЛЮЦИОННАЯ КОМПАКТНАЯ СИСТЕМА РУЧНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

LightWELD 1500



Мощность лазера
до 1500 Вт

Пиковая мощность
до 2500 Вт

Охлаждение
Воздушное

Ширина шва в режиме Wobble
до 5 мм

Размеры
641 x 316 x 534 мм

Вес
53 кг



**АЛЬТЕРНАТИВА ДЛЯ MIG- И TIG-СВАРКИ
УНИВЕРСАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА**

	Традиционные технологии сварки	Технология LightWELD
Скорость	Средняя	До 4-х раз быстрее, чем TIG
Качество	Зависит от опыта сварщика	Стабильные высококачественные результаты
Освоение	В несколько этапов	Стабильно высокие результаты
Гибкость в выборе материала	Ограниченная, требует переналадки	Широкий диапазон материалов без переналадки
Коробление и деформации	Высокие значения	Незначительные
Зона термического влияния	Большая	Малая
Сварка с осцилляцией (качанием) луча	Недоступна	Доступна — расширение шва до 5 мм

НЕПРЕВЗОЙДЁННАЯ НАДЁЖНОСТЬ И ПРОСТОТА ЭКСПЛУАТАЦИИ НОВЕЙШЕЕ РЕШЕНИЕ

Light**WELD** – это максимальные сварочные возможности при минимальном браке

Угловое соединение

Нержавеющая сталь 9 мм и 1 мм



Стыковое соединение

Нержавеющая сталь 1 мм
Медь 1 мм



Стыковое соединение

Низкоуглеродистая сталь 10 мм

Соединение внахлест

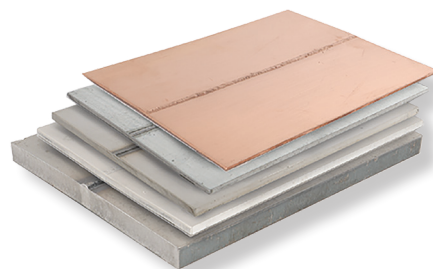
Низкоуглеродистая сталь
1 мм и 2 мм

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ МАТЕРИАЛОВ И ТОЛЩИН



Свариваемые материалы

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



Возможна сварка толстых, тонких, разнородных высокоотражающих металлов без использования присадочной проволоки, что трудно или невозможно осуществить традиционными методами сварки.

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

+7 (495) 968 99 32; lightweld.online@ntoire-polus.ru

www.lightweld.ru





ОТМЕННОЕ КАЧЕСТВО ОТ HAN'S LASER

Давно канули в Лету времена, когда продукция из Китая ассоциировалась только с дешевой и сомнительным качеством, а китайские станки называли одноразовыми. В исторически короткие сроки Китай создал свое конкурентоспособное станкостроение. Минувший 2020 год для мирового станкостроительного рынка в некотором смысле стал показательным. Согласно авторитетному исследованию Gardner Intelligence, мировое станкостроение продемонстрировало серьезное падение по всем важнейшим индексам: производству, которое в некоторых европейских странах упало от 20 до 40%, экспорту, импорту, потреблению. И только Китай продемонстрировал рост и производства, и экспорта, и импорта, и потребления. Это самый большой импортер и потребитель станочной продукции. Например, отрыв Китая в потреблении с показателем 25,93 млрд долл. от ближайшего «преследователя» США с показателем 7,19 млрд долл. красноречивее всяких слов.

ЗВЕЗДА ПО ИМЕНИ HAN'S LASER

В созвездии китайских производителей станков есть звезда первой величины. Это компания Han's Laser, ставшая флагманом китайской национальной лазерной промышленности. Оборот компании со штаб-квартирой в Шэньчжэне составляет 1,9 млрд долларов, при этом 8% оборота компания тратит на НИОКР. С 2004 года акции компании торгуются на фондовой бирже Шэньчжэня, и на сегодня капитализация Han's Laser составляет более 6 млрд долл. США. Выпуская в год 2000 станков с лазерами мощностью выше киловатта, компания держит долю в 30% китайского рынка. От 70 до 80% выпускаемых станков потребляется растущим большими темпами национальным рынком. У компании хорошо диверсифицированный, устойчивый бизнес. Кроме лазерного оборудования компания производит 3D-принтеры, системы ЧПУ, системы контроля, прессовое оборудование, роботов. На известную по всему миру продукцию работает 13 000 человек в 16 странах, где есть представительства компании, а также 3 производственных технопарка.

Han's Laser прочно впаян в экономику Китая. Совместно с правительством, институтами и ведущими предприятиями Han's Laser создал промышленный кластер «Laser + NT», оцениваемый в 100 млрд долл.

Все известные сегодня функции промышленных лазеров покрываются ассортиментом лазерных станков от Han's Laser: лазерные маркеры, лазерные сварочные аппараты, станки лазерной резки, субповерхностные лазерные граве-

ры, лазерные индикаторы и др. В потребителях продукции этой компании бренды глобального уровня Apple, Bosch, Honda, Huawei, Nokia, Samsung и много других. Войдя на высококонкурентный российский рынок, где давно и прочно обосновались гранды мирового уровня из Европы и Азии, китайская компания Han's Laser создала свою нишу.

С ОПОРОЙ НА ЛУЧШИХ

Основой успеха Han's Laser можно считать постоянный инновационный поиск, на который работает подразделение R&D, насчитывающее 300 человек. О качестве работы исследовательского подразделения говорят 4250 защищенных патентов, десятки авторских прав на программное обеспечение.

Обращает на себя внимание тщательнейшим образом выверенный подбор производственного оборудования. В цехах компании работает высокоточное и высокопроизводительное оборудование признанных лидеров мирового станкостроительного рынка — DMG MORI, Mazak, Mitsubishi, Okuma. Станочный парк компании обошелся в 70 млн долл. Стратегическим партнером в сфере лазерной и оптоволоконной техники стала компания IPG. Этот выбор логичен, потому что 80% всех волоконных лазеров, используемых в мире, это лазеры IPG. Но и IPG высоко оценил достоинства лазерных станков Han's Laser. Производственное предприятие IPG в России компания «ИРЭ-Полус» говорит, что использование оборудования Han's Laser позволило увеличить чистую прибыль на 13%. Тесно сотрудничая с IPG, Han's Laser тем не менее вывел на рынок собственный источник мощностью 20 кВт, что стало мировой сенсацией. Кроме того, Han's Laser — одна из немногих в мире компаний, обладающих технологией ультрафиолетовых лазеров.

Излишне говорить что каждая произведенная на предприятии машина строго соответствует стандартам ISO9000-2000, ISO14001-2004, о чем обязательно оповещает соответствующая маркировка.

КОМУ ДОВЕРИТЬ РЕПУТАЦИЮ

Эксклюзивным представителем и авторизованным сервисным центром Han's Laser на российском рынке с 2016 года стала компания СТМ, которая обрела известность за четверть века работы в сложных отечественных реалиях. Клиент может прийти к специалистам СТМ про-

сто с деталью. Сертифицированные инженеры СТМ точно рассчитают себестоимость изготовления детали клиента, производственные затраты, определяют оптимальное оборудование, подберут лучшую скорость резки, предложат несколько вариантов приобретения. Работая со всеми лизинговыми компаниями и банками Российской Федерации, СТМ располагает большим набором инструментов финансовой поддержки клиента — рассрочка, кредит, лизинг, trade-in. Как показала практика, наиболее удобной и востребованной формой приобретения оборудования лазерного раскроя стал лизинг, 6 из 10 сделок в настоящее время проходят именно по этой схеме, потому что у СТМ есть прямые договоренности с лизинговыми компаниями о специальных условиях и скидках. Существует возможность участия в государственных программах поддержки бизнеса. Участники программы могут быть уверены в том, что компания СТМ возьмет на себя организацию демонтажа, вывоза, восстановления и реализации старого станка.

Гибкость в работе, заинтересованность в успехе клиента обеспечила компании СТМ 1500 довольных покупателей промышленного оборудования по всей России и в странах СНГ.

На максимальную клиентоориентированность нацелены все 250 сотрудников компании в 23 региональных филиалах. Чтобы обеспечить бесперебойную работу оборудования клиента, СТМ консультирует клиентов по всем вопросам эксплуатации станка, регулярно проводит оперативную онлайн-диагностику проданного оборудования, раз в полгода бесплатно проводит диагностику станка, каждый квартал проходят обучающие курсы операторов станков с ЧПУ. И клиент может быть уверен: в случае поломки оборудования представитель компании прибудет на помощь незамедлительно.

Специалистов СТМ восхищает отношение китайского производителя к своему бренду. Перед отправкой поставщику оборудование, разумеется, проверяется на максимальных режимах, но между отправителем и получателем существует транспортировка. Была пара случаев, когда при запуске станка здесь у клиента выявлялся какой-то дефект. Реакция Han's Laser была мгновенной, необходимая деталь появлялась у дистрибутора так скоро, как позволяли расстояние и разница во времени.

Едва ли не две трети потребителей станков Han's Laser — джобшоперы. Это важно для клиентов, которым надо нарезать, условно говоря, пол-листа и которые по этой причине крупным компаниям по обработке листа неинтересны. Такие случаи, увы, известны. Здесь на выручку со станками Han's Laser приходит СТМ, поддерживая, таким образом, малый бизнес, без которого не может быть развитой экономики.

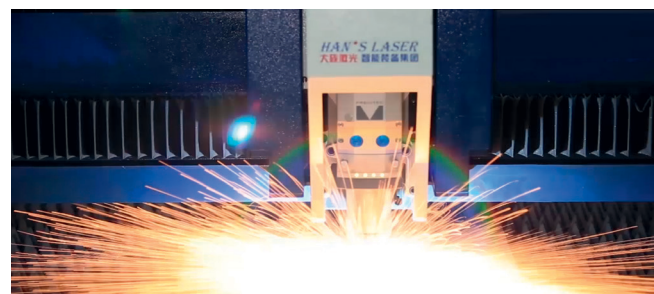
УВИДИМ НА «МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ»

На выставке «Металлообработка» в мае будет представлен станок Han's Laser G3015F с источником 6 кВт, предназначенный для резки листа, и портативный сварочный аппарат Han's Laser мощностью 1 кВт.

Достоинством модели G3015F потребители называют высокую технологичность в сочетании с доступной ценой. Прецизионная мощная система трансмиссии под управлением новейшего ЧПУ позволяет раскраивать металл толщиной 30 мм при ускорении 2.0 G с повторяемостью $\pm 0,02$ мм. Серия F устанавливает высокую планку по скорости и точности исполнения: 140 м/мин $\pm 0,03$ мм/м.



Станок Han's Laser — это не только безупречное качество кромки, но и минимизация расхода газа благодаря клапану Rexroth, низкое энергопотребление, эргономичный дизайн, удобство эксплуатации и обслуживания. Благодаря зеркальной кромке, получаемой в результате раскроя, отсутствует необходимость в последующей механической обработке деталей. Специалисты СТМ, опираясь на мнения потребителей, пришли к выводу, что станок Han's Laser G3015F — выгодная инвестиция для серийных и крупносерийных компаний разных отраслей, в частности, таких как металлообработка, строительство, машиностроение, авиастроение, судостроение, мебельное производство.



НЕ СТАНКОМ ЕДИНЫМ

Следуя запросам рынка, на котором возник активный интерес к лазерной сварке, компания намерена кроме станка для лазерной резки представить на своем выставочном стенде портативный ручной аппарат для лазерной сварки Han's Laser серии HLW мощностью 1 кВт. Аппарат идеален для быстрой чистой сварки. Он легко соединяет толстые и тонкие металлические листы из углеродистой и нержавеющей сталей, алюминия, латуни и других металлических сплавов. Аппарат высокоэффективен, безопасен, прост в использовании, обеспечивает высокую точность шва.

ЧТО ПОСЛЕ ВЫСТАВКИ?

Кто не смог побывать на выставке, сможет посетить шоу-рум СТМ, где профессионалы компании подробно проконсультируют по всем вопросам резки листового материала, труб оптоволоконными лазерами и по другим технологиям.

Ждем вас на стенде **82В60** выставки «Металлообработка» и в нашем демонстрационном зале по адресу: г. Москва, Барабанный переулок, д. 4, стр. 4.

8 800 550 04 69
hanslaser.stm-ru
hanslaser@stm-ru.ru

КОРПОРАЦИЯ GREENLEAF В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

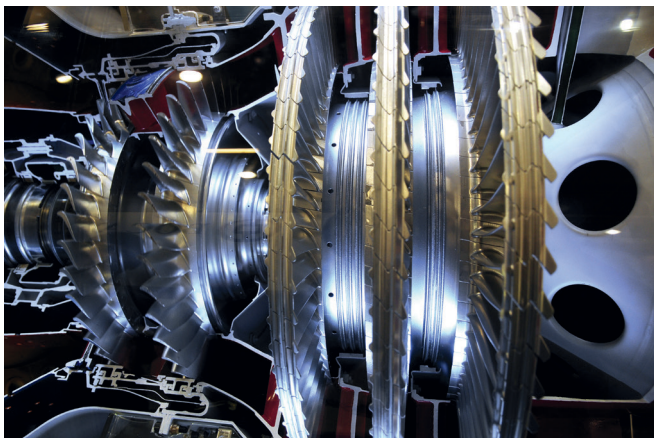


За последние несколько десятилетий репутация Greenleaf как ведущей компании в обработке деталей газовых турбин передовыми керамическими режущими пластинами продолжает расти

Опираясь на 75-летний опыт, корпорация Greenleaf продолжает поставлять сборный режущий инструмент в различные области промышленности, тем самым обеспечивая производительность в цехах механической обработки. За последние несколько десятилетий репутация Greenleaf как ведущей компании в обработке деталей газовых турбин передовыми керамическими режущими пластинами продолжает расти. Инновационные инженерные решения Greenleaf в производстве инструмента в сочетании с твердыми сплавами и специальной геометрией стружколомом дополняют линейку керамических пластин, отвечая сложным требованиям аэрокосмической промышленности.

Жаропрочные сплавы используются в аэрокосмической области для производства сильно нагруженных деталей двигателей, для которых крайне важно, чтобы они выдерживали высокие нагрузки при сверхвысоких температурах. Без постоянного улучшения сплавов авиаперелеты, какими мы знаем их сегодня, были бы практически невозможными.

Для повышения эффективности использования топлива увеличиваются коэффициенты сжатия в авиационных двигателях, что повышает требования к применяемым

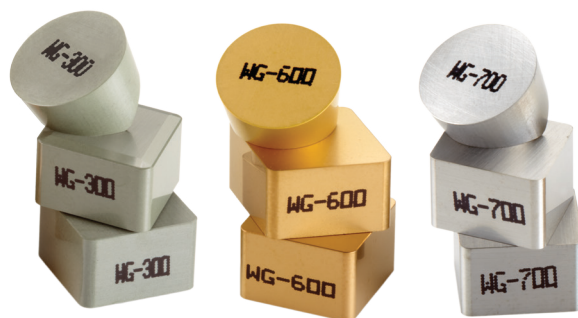


Без постоянного улучшения сплавов авиаперелеты, какими мы знаем их сегодня, были бы практически невозможны

материалам. Жаропрочные сплавы, созданные для работы при температуре свыше 1200° F (650°C), ставят новые задачи для производителя режущего инструмента. Независимо от обрабатываемого материала цели остаются неизменными: надежность, износостойкость инструмента и повышение производительности. Сорта керамических пластин Greenleaf WG-300®, WG-600® и WG-700™, армированные керамоволокнами, практически не имеют аналогов среди материалов для обработки высокопрочных сплавов. Это первый выбор во всем мире при сложных операциях обработки турбин. Сочетая в себе очень высокую теплоустойчивость, износостойкость и ударопрочность, эти сорта обеспечивают высокие режимы снятия металла, предсказуемость и надежность.

WG-300® является мировым стандартом в обработке жаропрочных сплавов. Обладая исключительной вязкостью разрушения и скоростью обработки, в восемь раз превышающей скорость твердосплавного инструмента, керамика WG-300® является надежной рабочей лошадкой данной отрасли.

WG-600® являются первыми появившимися на рынке керамическими пластинами с покрытием, которые армированы керамоволокнами. Они могут применяться на более высоких скоростях по сравнению с WG-300® без изменения подачи, обеспечивая новый диапазон производительности. WG-600® особенно хорошо подходит для операций, где большое значение имеют высокая стойкость инструмента и минимальный износ по задней поверхности, например, при чистовой обработке.

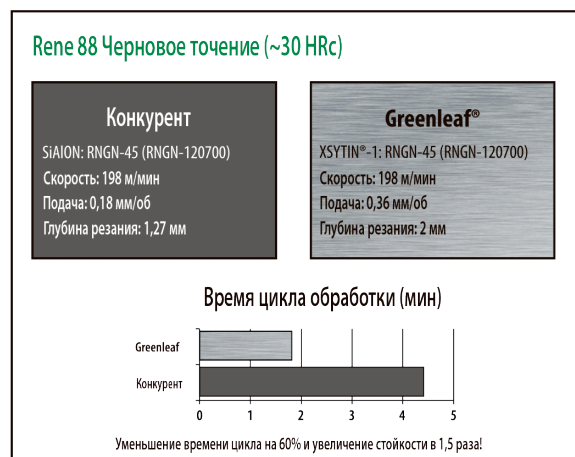
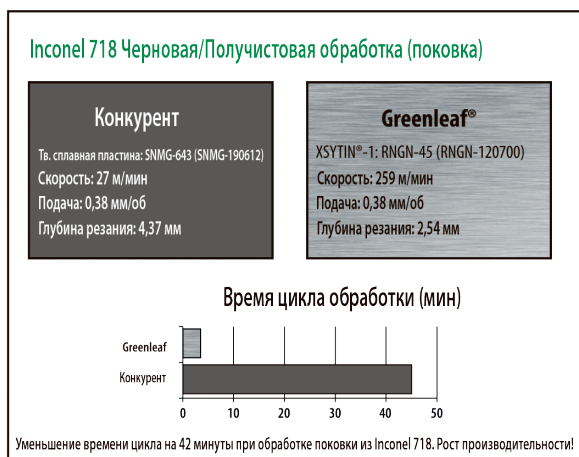


Сорта керамических пластин Greenleaf WG-300®, WG-600® и WG-700™ — это первый выбор во всем мире при сложных операциях при обработке турбин

Керамика WG-700™ была представлена на рынке в 2010 году, чтобы обеспечить еще большее сокращение времени обработки жаропрочных сплавов. Новая основа с нанослойным «платиновым» покрытием решила задачу высокопроизводительной обработки новейших материалов, таких как Inconel 718Plus и других жаропрочных сплавов следующего поколения. В более распространенном сплаве Inconel 718 скорость резания и подача должны быть увеличены, чтобы использовать данный сорт керамики в полной мере. WG-700™ является последним из трех поколений передовой керамики для повышения производительности в высококонкурентной отрасли, которая является неотъемлемой частью мировой торговли.

Исследования корпорации Greenleaf продолжают и за пределами арены керамики с керамоволокнами. Керамика

Доказанная производительность



Сравнительная оценка производительности керамики ХСYТIN®-1

ХСYТIN®-1 разработана специально для обработки труднообрабатываемых материалов с очень агрессивной подачей. Особенности свойства этого фазово-упрочненного материала установили новые ориентиры в производительности керамики и позволили использовать традиционные преимущества обработки керамикой в тех областях, которые ранее были недоступны ни одному другому керамическому режущему инструменту. ХСYТIN®-1 обладает очень высокой прочностью и превосходной стойкостью к термическим ударам, что делает ее предсказуемым высокопроизводительным продуктом, способным к широкому диапазону скоростей и более высоким подачам с непревзойденной надежностью и безопасностью процесса обработки. Так как прочность сплавов, используемых в авиационных двигателях, повышается, а вес узлов снижается, то некоторые детали двигателя становятся очень тонкими. Стенка толщиной 0,050" (1,27 мм) не является областью применения

для керамического режущего инструмента. В этом случае необходимо использовать твердосплавный инструмент, а управление стружкоотводом становится главной заботой.

Высокоточно отшлифованный стружколом TurboForm® решает обработку тонких стенок двигателей новой конструкции благодаря резкому снижению сил резания. Стружкообразование надежно контролируется в диапазоне глубины резания до 0,005" (0,127 мм). TF объединяет в себе острую режущую кромку с высоким сдвиговым усилием с пластиной нейтрального типа для максимальной экономичности при высоких уровнях производительности. Пластины TurboForm® из твердых сплавов Greenleaf G-925 и GA5026 являются отличным инструментом для высокоскоростной обработки жаропрочных, износостойких и коррозионностойких сплавов, а также цветных сплавов (например, Ti6Al4V).

Достижения в области инструментальных материалов в сочетании с системами Greenleaf, повышающими их эффективность, продолжают обеспечивать производительность, необходимую для решения специфических задач аэрокосмической промышленности.

Для получения дополнительной информации о повышении производительности и экономичности обратитесь к представителю корпорации Greenleaf: компании ООО «Инженерный Консалтинг» или посетите сайт www.greenleafcorporation.com.

WG-300, WG-600, WG-700, ХСYТIN-1 и TurboForm являются товарными знаками, принадлежащими Greenleaf Technology Corporation, дочерней компании Greenleaf Corporation.



Керамика ХСYТIN®-1 разработана специально для обработки труднообрабатываемых материалов с очень агрессивной подачей инструмента

ГОВОРИМ С КЛИЕНТОМ НА ОДНОМ ЯЗЫКЕ

ООО «Инженерный Консалтинг» — официальный представитель корпорации Greenleaf на территории РФ. На сегодняшний день организация имеет головной офис в Нижнем Новгороде и представительства в Москве, Коврове, Рязани, Санкт-Петербурге и Новосибирске. География реализуемых проектов охватывает всю Россию.

Компания предлагает широкий комплекс профессиональных услуг:

- » подбор и поставку оборудования и станкоинструмента,
- » разработку технологических процессов,
- » написание управляющих программ,
- » подготовку сопровождающей документации,
- » обучение персонала заказчика работе с новым оборудованием.



ООО «Инженерный Консалтинг» — официальный представитель корпорации Greenleaf на территории РФ

Адрес московского офиса:
111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов,
д. 5, стр. 4, оф. 909

Телефоны: (495) 995 96 96, 287 31 31

E-mail: info@e-consul.ru

www.greenleafcorporation.com

www.инженерныйконсалтинг.com

РАЗВИТИЕ УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННОГО ШЛИФОВАНИЯ: ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА, ТРЕБОВАНИЯ К СТАНКАМ (часть 1)

УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННОЕ ШЛИФОВАНИЕ КАК РАЗНОВИДНОСТЬ НАНОТЕХНОЛОГИИ ПРОЧНО ВОШЛО В ПРАКТИКУ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АБРАЗИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ И СОЗДАНИЕ СТАНКОВ ДЛЯ СВЕРХТОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ЯВЛЯЕТСЯ АКТУАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАДАЧЕЙ.

ВВЕДЕНИЕ

Термин «нанотехнологии» впервые предложил японский физик Norio Taniguchi (Норио Танигучи) в 70–80-х годах прошлого века [1, 2]. В этих работах он количественно определил тенденцию повышения точности. Свои исследования Taniguchi начинал в области *высокоточной абразивной обработки твердых и хрупких материалов*. Taniguchi разделил все процессы размерной обработки на обычную, прецизионную и ультрапрецизионную обработку. Его зависимости описывают изменение точности этих видов обработки в XX веке по временной шкале. Анализ его работ показал, что для повышения точности до одного десятичного знака требуется около 20 лет, см. **таблицу 1**, показывающую эволюцию точности обработки.

Таблица 1

Год	1900	1920	1940	1960	1980	2000
Разрешение, мкм	>10	5	0,5	0,05	0,005	0,001 (1 нм)

Учёные МГТУ «СТАНКИН» [3], основываясь на работах Taniguchi, составили прогноз для различных видов обработки по требуемой к 2020 году допустимой суммарной погрешности, состоящей из систематической и случайной составляющих, — **таблица 2**.

Таблица 2

Вид обработки	Суммарная погрешность обработки к 2020 году, мкм
Нормальная	0,1
Точная	0,03
Прецизионная	≥0,003
Ультрапрецизионная	≤0,3 нм

Полезно отметить основные фундаментальные процессы природного, экономического, социального и технического характера, а также выявить некоторые цепочки, порождающие развитие прецизионных технологий:

1. Сокращение природных запасов → снижение потребления ресурсов → прогресс аддитивных технологий, а также необходимость повышения ресурса деталей, механизмов и машин → рост финишных операций, повышение требований к точности обработки.

2. Повышение качества жизни → развитие медицины, защиты окружающей среды → развитие прецизионных технологий.

3. Борьба за рынки → создание безотходных производств, не требующих большого количества рабочей силы

и базирующихся на лидерстве в исследованиях и подготовке кадров → развитие прецизионных технологий.

4. Стремление к дальнейшему прогрессу в области науки и техники → стремление к миниатюризации → развитие прецизионных технологий.

5. Сокращение себестоимости продукции → улучшение взаимозаменяемости → развитие прецизионных технологий.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, РАЗНОВИДНОСТИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Отечественный стандарт ГОСТ Р 54787-2011 «Обработка наноразмерная прецизионных деталей. Технологические требования» определяет наноразмерную обработку как процесс, позволяющий изготавливать детали, точность размеров, формы и расположения поверхностей которых лежит в диапазоне от 1 до 100 нм (0,001 до 0,1 мкм).

Основываясь на перечне типов нанообработки по стандарту, а также анализе отечественной и зарубежной научно-технической информации, можно предложить приведённую на **рис. 1** классификацию некоторых категорий нанообработки, выделяя абразивные виды.

В настоящее время наблюдается глобальный интерес к научным исследованиям в области нанотехнологий, характеризующийся экспоненциальным ростом научных публикаций и количеством патентов. Основными центрами изучения нанотехнологий являются: США, Европа, Япония и Китай. В каждой из этих стран десятки международных журналов посвящены исключительно нанотехнологиям. С учетом «молодости» предмета, большого объёма зарубежных публикаций и их переводов существует много *терминов-аналогов*, и было бы полезно остановиться на основных, с учётом данных энциклопедий [4, 5] и отечественных публикаций.

Ультрапрецизионное шлифование является одним из видов механической нанообработки твердых материалов.

Ультрапрецизионная, сверхточная, суперпрецизионная обработка, или размерная нанообработка объемных изделий (*ultraprecision machining* или *UPM*), имеет синонимы: нанообработка (*nano-machining*), наномеханическая обработка (*nano-mechanical machining*), высокоточная обработка (*high precision machining*), прецизионная обработка (*precision machining*), сверхточная отделка (*ultraprecision finishing*).

Ультрапрецизионное, сверхточное или UP-шлифование (*ultraprecision grinding* или *up-grinding*) имеет синонимы: наношлифование (*nanogrinding*), пластичное шлифование (*ductile-regime grinding*), микрошлифование (*microgrinding*), прецизионное шлифование (*precision grinding*), обработка в частично-пластичном режиме (*semiductile mode*).

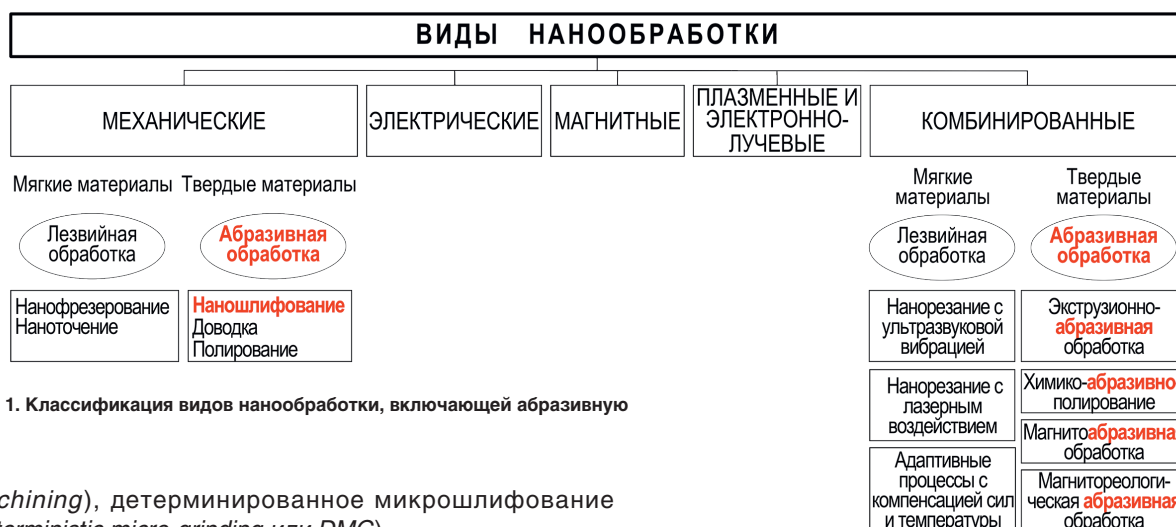


Рис. 1. Классификация видов нанобработки, включающей абразивную

machining), детерминированное микрошлифование (*deterministic micro-grinding* или *DMG*).

Анализ публикаций и в том числе работ [4, 5, 6] позволил сформулировать *характерные черты ультрапрецизионного шлифования*:

1. Сверхточное шлифование относится к конечной способности производственного процесса, при котором достигается обработка материала в пределах 1 нм, в том числе в атомном размере порядка 0,2–0,4 нм.
2. UP-шлифование — это обработка в пластичном режиме, когда критическая толщина неразрезанной стружки не превышает и обеспечивается микрорезание материала.
3. Применяется инструмент со связанными абразивными зёрнами (в отличие от притирки и полировки).
4. Абразивные зёрна круга находятся в прерывистом контакте с поверхностью заготовки (чтобы отличить этот процесс от хонингования).
5. Абразивная поверхность круга характеризуется, по крайней мере, одним статистическим распределённым параметром (чтобы исключить фрезерование, но включить

шлифование специально разработанными или «спроектированными» кругами). Идеальный процесс UP-шлифования должен создавать функциональные поверхности с чистой, подходящей для оптических и не только применений.

6. Точность формы обрабатываемой поверхности $< \lambda/10$ при $\lambda < 1$ мкм.

7. Среднеквадратичная шероховатость поверхности $Sq < \lambda/100$.

8. Процесс UP-шлифования (как и другие процессы UP-обработки) должен быть детерминированным.

9. Ультрапрецизионное шлифование как производственная технология должно включать в себя машинные системы обработки, а также соответствующие методы измерения и контроля. В этом можно усмотреть стремление к принципу, сформулированному Галилео Галилеем: «Измеряйте то, что можно измерить, и сделайте измеримым то, что нельзя измерить».

VII Международный технологический форум

ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ. ПРОИЗВОДСТВО.

Тема форума:
«БИЗНЕС-МОДЕЛЬ-2030»
онлайн-формат

г. Рыбинск,
Ярославская область

24-25 МАЯ 2021

| САТУРН

20.35

10. Подповерхностная зона обработки должна быть без повреждений для предотвращения рассеяния света (в случае оптически прозрачных материалов) и/или образования трещин (под нагрузкой или даже без нее).

11. Допуски на форму, шероховатость и повреждение должны быть достигнуты за один этап обработки (чтобы избежать повторной или дополнительной обработки и контроля).

Последнее требование оказывается самой большой проблемой для UP-шлифования, поскольку оно может быть реализовано только с помощью специальных станков с высокой жесткостью контура и специальных шлифовальных инструментов, которые не изнашиваются значительно (или изнашиваются предсказуемым образом) во время работы.

Перечисленные выше особенности UP-шлифования определяются условиями проведения и физической сущностью процесса обработки.

Широкое применение UP-шлифование нашло при производстве высокоточных блочных шаблонов, алмазных инденторов и инструментов, 3D-металлических зеркал и т.д. В области механики: Si-пластин, микросхем памяти, тонких пленок, ULSI-устройств в области электроники; оптических плоскостей, дифракционных решеток, зеркал, простых и асферических линз, объективов камер. Оптические компоненты, используемые в рентгеновской микроскопии и экстремальной ультрафиолетовой литографии (EUVL), требуют шероховатости поверхности около 0,1 нм (среднеквадратичное значение), точности формы около 1 нм от пика до впадины (p-v) и отсутствия индуцированных кристаллографических повреждений подповерхностных слоев [7].

Кроме того, сверхточное шлифование используется при изготовлении форм из закаленной стали и керамики для воссоздания стеклянных линз, сенсоров, а также в микроэлектронной, астрономической, автомобильной и других отраслях.

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ UP-ШЛИФОВАНИЯ

Известно, что традиционное шлифование твердых и хрупких материалов, как показано на **рис. 2г**, приводит к появлению микротрещин, повреждению подповерхностной зоны и высокой шероховатости поверхности, так что обработанная поверхность не будет соответствовать требованиям UP-шлифования.

Сверхточное шлифование проводится в пластичном режиме (**рис. 2в**), что означает, что критическая толщина

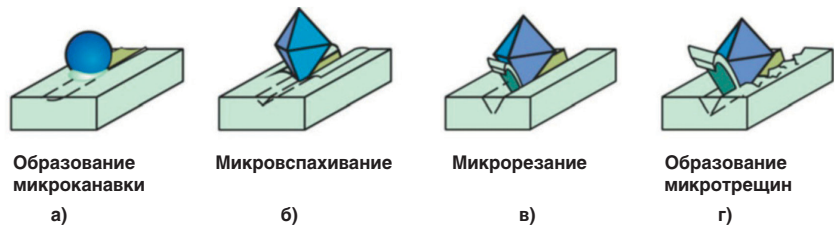


Рис. 2. Механизм удаления материала при сверхточном шлифовании стекла [8]

неразрезанной стружки, зависящая от материала, не превышает и обеспечивается микрорезание.

Наиболее важным параметром для перехода от хрупкого к пластичному поведению при удалении стружки являются условия создаваемых напряжений в материале заготовки вокруг режущей кромки. Из теории пластичности и механики разрушения известно, что степень пластической деформации зависит от температуры, скорости деформации, а также от многоосных напряжений сжатия и растяжения в заготовке.

Карман (Kármán) в 1911 г. исследовал поведение твердых и хрупких материалов при гидростатическом сжатии, он показал, что твердые и хрупкие материалы можно обрабатывать в пластичном режиме (т.е. вязкопластичном потоке материала), если гидростатические напряжения сжатия и сдвига достаточно высоки. Контакт абразивов с обработанной подложкой приводит к упругому отклику материала и, с увеличением глубины резания, к пластическому поведению, то есть к «микроканавкам» и «микроспаиванию» (**рис. 2а, б**). Увеличение глубины резания приводит к «микрорезанию» (**рис. 2в**).

В работе [9] выявлены некоторые параметры процесса резания: удельный съем, размеры абразивного зерна инструмента, применяемые в различных финишных процедурах (**рис. 3**).

Приведенные на **рис. 3** данные позволяют оценить рамки технологической производительности процесса резания при UP-шлифовании и размеры зерен применяемых абразивных кругов.

Достаточно наглядно характер взаимосвязи между съёмом металла, износом шлифовального круга и размером зерна установлен в работе [10]. Показано, что при микрошлифовании есть три основных режима удаления материала, как видно из **рис. 4** — обработка в хрупком режиме, обработка с развитием микротрещин и шлифование в пластичном режиме. Следует отметить, что в традиционном оптическом производстве все варианты режима комбинируются для получения необходимой точности формы и шероховатости. Преобладающий параметр — нагрузка на каждое зерно.

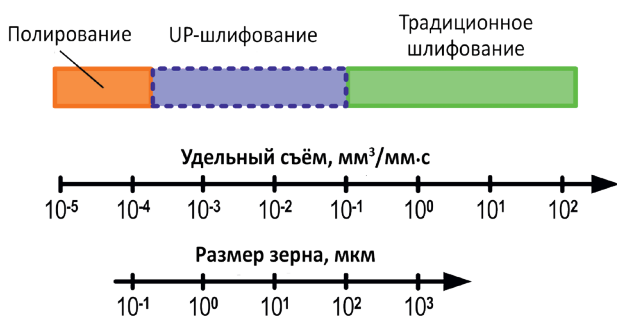


Рис. 3. Технологические параметры при полировании, UP-шлифовании и обычном шлифовании [9]

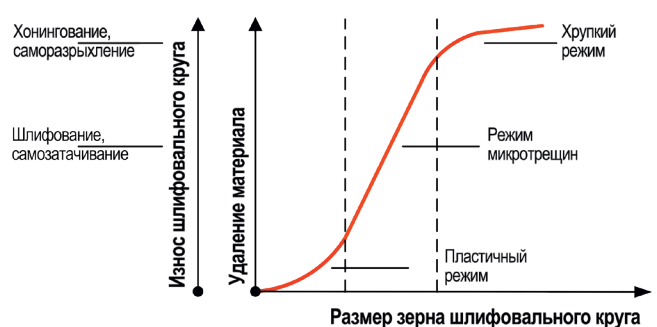


Рис. 4. Механизмы микрошлифования [10]

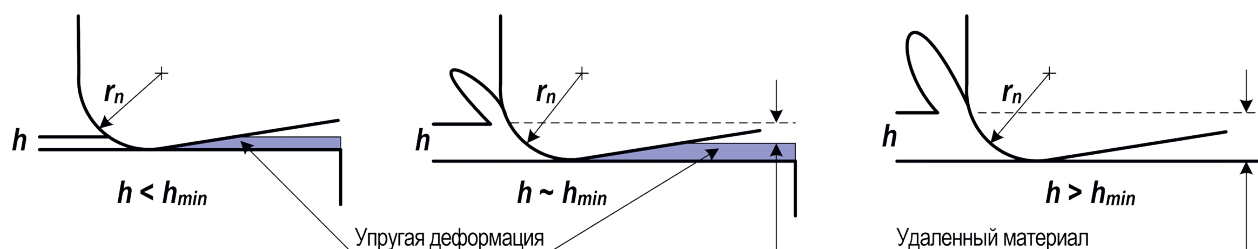


Рис. 5. Схема влияния минимальной толщины стружки на стружкообразование [11]

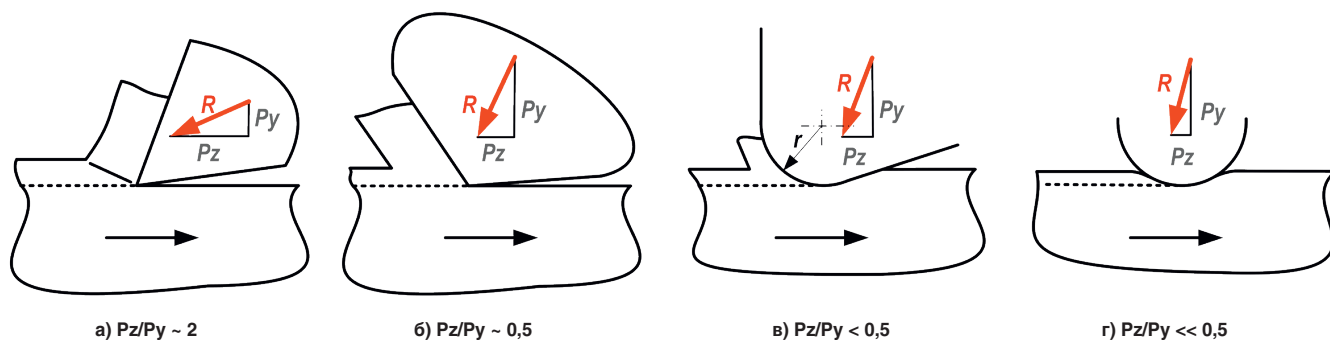


Рис. 6. Соотношение составляющих силы резания: а) обычное резание, б) шлифование, в) сверхточная обработка на малых глубинах резания и г) скольжение вдавливанием [12]

Целесообразно подробнее остановиться на особенностях пластичного режима на примере микрорезания. В работе [11] показано, что стружкообразование в микромасштабе в сильной степени зависит от минимальной толщины неотрезанной (недеформированной) стружки h_{min} из-за того, что стружка может не образоваться, когда глубина резания меньше h_{min} . Концепция минимальной толщины стружки заключается в том, что скорость подачи или глубина резания должны превышать определенное критическое значение, прежде чем стружка будет сформирована. Этот переход от вспашки к образованию стружки показан на рис. 5.

Когда $h < h_{min}$ (рис. 5), происходит только упругая деформация, но по мере приближения неотрезанной толщины стружки (УСТ) к h_{min} образование стружки за счет сдвига становится преобладающим эффектом над упругой деформацией (удаленная глубина слоя материала меньше номинальной глубины резания). Однако при $h > h_{min}$ упругая деформация значительно уменьшается и вся глубина резания удаляется в виде стружки. В первом приближении в условиях сухого или полусухого трения отношение h_{min} к радиусу режущей кромки составляет около 0,1, т.е. $h_{min} \sim 0,1r_n$, где r_n — радиус режущей кромки.

В работе [12] при оценке влияния геометрии инструмента при нанометрическом резании установлена особенность поведения вектора результирующего усилия. Так, установлено, что взаимодействие инструмента и заготовки при переходе от обычного резания к сверхточной обработке на малых глубинах приводит к повороту вектора результирующей силы против часовой стрелки вниз по направлению к поверхности заготовки (рис. 6). Подобное явление обусловлено уменьшением соотношения тангенциальной составляющей силы резания P_z к радиальной (нормальной) составляющей P_y , т.е. P_z/P_y снижается с 2 до $\ll 0,5$.

Режущие инструменты с большим отрицательным передним углом показаны на рис. 6 простыми абразивными зернами при шлифовании — б, сверхточной обработке — в, и для сравнения — скольжением закругленного индентора — г.

С практической точки зрения минимальная толщина стружки является мерой предельной, достижимой точности обработки, поскольку создаваемая шероховатость поверхности в основном объясняется процессом вспашки/трения, когда толщина неотрезанной стружки меньше минимальной толщины стружки. Степень вспашки/трения и характер микродеформации при вспашке/трении вносят значительный вклад в увеличение сил резания, образование заусенцев и повышение шероховатости поверхности. Поэтому знание минимальной толщины стружки имеет важное значение при выборе соответствующих условий обработки. N. Ikawa и др. [13] получили недеформированную толщину стружки порядка нанометра с помощью четко определенного алмазного инструмента с радиусом кромки около 10 нм.

Экспериментальные данные и анализ [14, 15, 16] подтверждают, что уменьшение толщины недеформированной стружки менее 0,7 мкм вызывает деформационное упрочнение поверхности материала. Это явление объ-

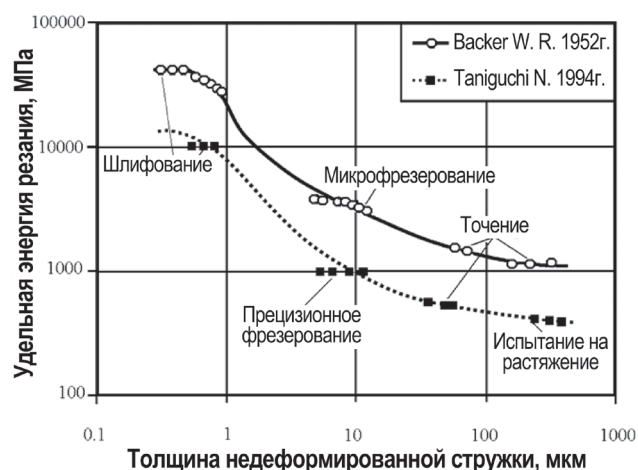


Рис. 7. Изменение удельной энергии резания для основных процессов обработки [16]

Таблица 3

ясняется и тем, что сила резания должна преодолевать большую силу связи атомов внутри кристаллов. Данный эффект называют эффектом размера. На **рис. 7** показана взаимосвязь удельного расхода энергии резания стали SAE 1112 (ближайший отечественный аналог автоматная сталь — А12) от толщины недеформированной стружки для трех основных процессов обработки. Данные Танигучи Н. (Taniguchi N.) [15] выявили более полную зависимость, включающую испытания на растяжение. Установленные тенденции показывают, что уменьшение толщины недеформированной стружки вызывает деформационное упрочнение поверхности материала.

По мере уменьшения масштабов обработки от простого испытания на растяжение до шлифования, при котором образуются субмикрометрические стружки, удельная энергия сдвига или разрушения становится чрезвычайно большой. В **таблице 3** показаны масштабы обработки и энергии сдвига [5, 17], и, таким образом, можно увидеть проявление размерного эффекта в технологических процессах в зависимости от толщины стружки.

Продолжая эту тенденцию, когда масштаб обработки достигает атомной частицы, удельная энергия сдвига достигает атомной энергии связи [1], или теоретической прочности на сдвиг бездефектного материала. Для углеродистой стали с модулем жесткости $G = 82$ ГПа теоретическая прочность на сдвиг определяется по формуле $\pi_{thCarbonSteel} = 13$ ГПа.

Причина увеличения удельной энергии сдвига объясняется типом дефектов, имеющихся в кристаллической структуре при таком масштабе обработки. В масштабе атомной частицы 0,001 мкм требуемая энергия сопоставима с теоретической прочностью на сдвиг — 10^5 Дж/см³. В масштабе атомных кластеров деформация материала может происходить только с помощью точечных дефектов и требует энергии порядка 10^3 – 10^4 Дж/см³ [1]. Тем не менее

Процесс	Масштаб процесса	Толщина стружки (мкм)	Сопротивление напряжению сдвига (Н/мм ²)
Испытание на растяжение	Мультикристаллическое зерно	300–500	300
Точение	Субкристаллическое зерно	40–50	500
Прецизионное фрезерование	Субкристаллическое зерно	5–10	1000
Шлифование	Область атомного кластера	0,5–1	10000

в некоторых более крупных форматах — 0,1–10 мкм, называемых размером зерен субкристаллов, 2D- или 3D-дефекты в кристаллической структуре вызывают значительное снижение удельной энергии сдвига до 10^2 – 10^3 Дж/см³ [1]. Интенсивные исследования сосредоточены на пластическом шлифовании различных твердых и хрупких материалов, таких как плавный кремнезем, карбид кремния, керамика и т.д.

Таким образом, для реализации шлифования в пластичном режиме получены некоторые критические условия, касающиеся толщины недеформированной стружки.

ТРЕБОВАНИЯ К СТАНКАМ ДЛЯ УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННОГО ШЛИФОВАНИЯ

Анализ процессов ультрапрецизионного шлифования на экспериментальных стендах и промышленных образцах станков, проведение проектных расчетов и исследований, изложенных в ряде работ [4, 18, 19, 23], позволили сформулировать технические требования к станкам для UP-шлифования и представить их в **таблице 4**.

Как видно из **таблицы 4**, имеется вариация требований к процессу UP-шлифования и к точностям параметров ультрапрецизионных станков, что объясняется разнообразием задач технологических процессов и параметров сверхточного шлифования, широким диапазоном при-

Таблица 4

№ п/п	Параметры технологических и конструкторских требований к ультрапрецизионным шлифовальным станкам	Значение параметра		
		[18] 1992 г.	[19] 2014 г.	[4] 2019 г.
1	Глубина резания при шлифовании стали в пластическом режиме, мкм	–	от 0,05	–
2	Глубина резания при шлифовании стекла в пластическом режиме, мкм	–	от 0,005	–
3	Скорость съема для стали, мм ³ /мм·с	–	от 0,03	–
4	Скорость съема для керамики, мм ³ /мм·с	–	от 0,001	–
5	Распределение режущих кромок на круге по высоте, мкм	–	< 0,2	–
6	Точность формы заправленного круга, мкм	–	0,2	–
7	Биение шпинделя, мкм	< 0,05	< 0,1	< 0,05
8	Прямолинейность перемещения узлов, мкрад (с)	–	< 1 (0,2)	–
9	Прямолинейность перемещения узлов по линейным осям на длине >100 мм, мкм	–	–	< 0,1
10	Угловая погрешность перемещений узлов по линейным осям, угл. сек	–	–	< 1
11	Разрешение позиционирования узлов, мкм	< 0,01	< 0,1	–
12	Точность позиционирования узлов по линейным осям, мкм	–	–	< 0,01
13	Точность перемещения узлов, мкм	< 1	–	–
14	Точность позиционирования по осям вращения, угл. сек	–	–	< 1
15	Повторяемость опорной системы — круг/заготовка, мкм	–	< 0,1	–
16	Жесткость опорной системы — круг/заготовка, МН/м, (кгс/мкм)	–	>100 (10,2)	–

меняемых материалов, а также недостаточным объемом экспериментальных исследований из-за недавнего времени возникновения объекта изучения.

Чтобы осмыслить объем решаемых при создании ультрапрецизионных станков проблем, полезно оценить в первом приближении достигнутый в 70–80 годах наивысший уровень развития отечественного прецизионного станкостроения и сопоставить зарубежные запросы и результаты с имевшимися отечественными достижениями. Следует отметить, что при создании гаммы отечественных станков (МК6511...МК6522) для сверхточной обработки были решены вопросы гашения внутренних и внешних вибраций, применены аэростатические сверхточные приводы подачи с дискретностью отработки перемещений 10 нм. Для отсчета координат использовался двухкоординатный лазерный датчик перемещений (МК6521Ф3), а управление станком осуществлялось специально спроектированной многопроцессорной системой ЧПУ «Прецизион – Т» [25].

Сравнение зарубежных требований к геометрической точности ультрапрецизионных станков с отечественными решениями по близким станкам-аналогам: МК6521Ф3.04 и Сфера-100 Ф4, а также особо точным станкам класса С в соответствии со стандартом ГОСТ 8-82 можно произвести, рассмотрев **таблицу 5**.

Анализ сведений, собранных в **таблице 5**, показывает, что отечественные образцы сверхточных станков по ряду показателей геометрической точности достаточно близки к зарубежным ультрапрецизионным станкам. Шлифовальные особо точные станки класса С, представлявшие в 80–90-е годы самое точное оборудование советского станкостроения, естественно, уступают в значениях параметров точности на один, а иногда и два порядка. Для выполнения задачи производства отечественных ультрапрецизионных станков необходимы: высокий уровень

конструкторских решений, качество комплектующих, наивысшая степень технологической культуры, масштабная оснащенность всех переделов станкостроительного производства и соответствующие объемы финансовых вложений.

Пример выполнения требований, сформулированных в **таблице 4**, к технологическим и конструктивным характеристикам ультрапрецизионных шлифовальных станков представлен в **таблице 6**. В качестве элементов станков и их ключевых отличительных черт **таблица 6** [5] включает данные по характеристикам базовых деталей и основных узлов станков для сверхточного шлифования.

Обычно UP-шлифование в пластическом режиме может быть выполнено только на специальных станках, которыми можно точно управлять, и специальными шлифовальными инструментами, которые не изнашиваются значительно или изнашиваются предсказуемым образом [6].

При обработке в пластичном режиме подача и глубина резания должны быть очень небольшими, порядка 10 нм и 1 мкм соответственно [20]. С помощью сверхточной настройки станка можно достичь полного пластичного режима обработки, а обработка поверхности будет зеркальной без последующих процессов, таких как полировка.

На сверхточных станках, имеющих базовые детали, узлы и системы, подобные включенным в **таблицу 6**, иными словами, на оборудовании, в котором воплощены требования, сформулированные в **таблице 4**, возможна обработка деталей со следующими показателями качества [23]:

- Точность размеров в диапазоне микрометров.
- Точность формы поверхности < 50–100 нм.
- Шероховатость поверхности $Ra < 5$ нм.

Выявленные отличительные особенности UP-шлифования, а также технические требования к сверхточным станкам создают элемент базы знаний для разработки

Таблица 5

Зарубежные решения [4]		Отечественные решения				
Параметры геометрической точности	Требования к сверхточным станкам	МК6521Ф3.04 ¹ [21, 25]	Сфера-100 Ф4 ² [22]	Станки класса точности С		
				ГОСТ 273-90 ³ Плоскошлифовальные станки	ГОСТ 11654-90 ⁴ Круглошлифовальные станки	ГОСТ 18098-94 ⁵ Координатно-шлифовальные станки
Прямолинейность по линейным осям, мкм на длине L	<0,1 L > 100 мм	–	0,5 ось "Z" 0,75 ось "X"	2 L = 160–250 мм 2,5 L = 250–400 мм	2 L = 50–320 мм 3 L = 320–500 мм	–
Угловая погрешность перемещений по линейным осям, в "	< 1	–	–	2	–	2
Точность позиционирования по линейным осям, мкм на длине L	< 0,01	0,01	–		1 L ≤ 320 мм 2 L = 320–500 мм	2 L ≤ 320 мм
Осевое и радиальное биение по осям вращения, мкм	< 0,05	–	< 0,05	2	1,5–2	2
Точность позиционирования по осям вращения, в "	< 1	–	1 по осям "B" и "C"	–	–	–
Примечание:						
1 — МК6521Ф3.04 Сверхточный станок с ЧПУ для обработки наружных и внутренних поверхностей тел вращения [21, 25].						
2 — Сфера-100 Ф4 Стенд для алмазного точения сферических и асферических деталей [22].						
3 — ГОСТ 273-90 Станки плоскошлифовальные с крестовым столом и горизонтальным шпинделем. Класс точности С.						
4 — ГОСТ 11654-90 Станки круглошлифовальные основные параметры и размеры. Класс точности С.						
5 — ГОСТ 18098-94 Станки координатно-расточные и координатно-шлифовальные. Класс точности С.						

Элементы станков / назначение / типы	Основные особенности
Станина	
<ul style="list-style-type: none"> Обеспечивает термическую и механическую стабильность, демпфирующие характеристики. 	<ul style="list-style-type: none"> Изготовлена из чугуна, натурального или эпоксидного гранита, полимербетона.
Рабочий шпиндель	
<ul style="list-style-type: none"> Ошибки движения шпинделя существенно влияют на качество поверхности и точность обрабатываемых деталей. Использовать аэростатические или гидростатические, а также современные воздушные подшипники с канавками. 	<ul style="list-style-type: none"> Оба типа шпинделя обладают высокой точностью и скоростью вращения. Аэростатические шпиндели рассчитаны на низкие/средние нагрузки, гидростатические подшипники обеспечивают большие нагрузки.
Приводы	
<ul style="list-style-type: none"> Приводы скольжения обеспечивают жесткость, ускорение, скорость, плавность движения, точность и повторяемость. Приводы шпинделя обычно представляют собой двигатели переменного/постоянного тока. Салазки обычно снабжены линейным двигателем или фрикционным приводом 	<ul style="list-style-type: none"> Сервоприводы используются при контурных операциях. Небольшие и точные движения инструментов для позиционирования и точного перемещения достигаются с помощью пьезоэлектрических приводов.
Управление	
<ul style="list-style-type: none"> Требуются органы управления для линейных, поворотных приводов, ограничительных, позиционных и временных выключателей и датчиков. Они также контролируют тепловые, геометрические и инструментальные ошибки настройки. 	<ul style="list-style-type: none"> Используются многоосные ЧПУ-контроллеры. В последнее время используются элементы управления на базе ПК. Элементы управления обратной связью имеют разрешение нм или субнм.
Системы измерения и контроля	
<ul style="list-style-type: none"> Обеспечивают быстрое и точное позиционирование режущего инструмента относительно рабочей поверхности. Контролируют состояние износа инструмента. 	<ul style="list-style-type: none"> Оперативное измерение и компенсация ошибок. Лазерный интерферометр для контроля положения инструмента.

и проектирования прецизионного оборудования, позволяющего шлифовать детали из материалов высокой твердости.

Компании-разработчики и конкретное оборудование для ультрапрецизионного шлифования будут рассмотрены во второй части статьи, публикация которой запланирована в следующем номере журнала.

**В. К. Ермолаев, к.т.н.,
технический эксперт ООО «Шлифовальные станки»
vad1605@yandex.ru**

Литература

- Taniguchi N. On the basic concept of nanotechnology. Proceedings of the International Conference on Production Engineering. Japan Society of Precision Engineering. Tokyo. Part II. 1974. P. 18.
- Taniguchi N. Current Status in and Future Trends of Ultraprecision Machining and Ultrafine Materials Processing. Annals of the CIRP. Vol. 32/2/1983. P. 573–582.
- Методы моделирования точности технологического оборудования. М. Г. Косов, д.т.н. и др., МГТУ «СТАНКИН» // Материалы VI международной научно-технической конференции: Часть 1 / под. ред. А. Г. Суслова — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. С. 187–192.
- Chatti S., Laperrière L., Reinhart G., Tolio T. CIRP Encyclopedia of Production Engineering. 2019. P. 1832.
- Bhushan B. Encyclopedia of Nanotechnology. Second Edition. 2016. P. 4515.
- Ultra-precision grinding. Brinksmeier E, Mutlugünes Y, Klocke F, Aurich J.C, Shore P, Ohmori H. CIRP Annals — Manufacturing Technology 59. 2010. P. 652–671.
- Gourhari G., Sidpara A. and Bandyopadhyay P. P. Fabrication of Optical Components by Ultraprecision Finishing Processes. in K. Gupta (ed.), Micro and Precision Manufacturing, Engineering Materials, Springer International Publishing AG. 2018. P. 87–119.
- Sinhoff V. R. Feinbearbeitung optischer Gläser in der Kleinserie. German Ph. D. Thesis, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. 1997.
- Miyashita, M. (ed.): 1st annual precision engineering conference, North Carolina State University, Ra-leigh, NC, USA. 1985.
- D.J. Whitehouse. Handbook of Surface and Nanometrology. 2003. P. 1128.
- Chae J., Park S. S., Freiheit T. Investigation of micro-cutting operations, Int. J. Mach. Tools Manuf. 46. 2006. P. 313–332.
- Komanduri R., Chandrasekaran N., Raff L. M. Effect of tool geometry in nanometric cutting: a molecular dynamics simulation approach, Wear 219. 1998. P. 84–97.
- Ikawa N., Shimada S., Tanaka H. Minimum thickness of cut. Nanotechnology 3(1) 1992. P. 6–9.
- Backer W. R., Marshall E. R., and Shaw M. C., Size effect in metal cutting, Transactions of the ASME, 74 (1) 1952. P. 61–72.
- Taniguchi N., ASPE distinguished lecturer, Precision Engineering, 16 (1) 1994. P. 5–24.
- Mian A. J. Size effects in micromachining. The university of Manchester for the degree of doctor of philosophy in the Faculty of Engineering and Physical Sciences. 2011. P. 209.
- Taniguchi, N. (ed.): Nanotechnology: Integrated Processing Systems for Ultra-Precision and Ultra-Fine Products. Oxford University Press, Oxford. 1996.
- Schulz H. and Moriwaki T. High speed machining. Ann. CIRP. 41. 1992. P. 637–643.
- Rowe W. B. Principles of Modern Grinding Technology. Second Edition. 2014. P. 444.
- Venkatesh V. C. Diamonds in Manufacturing. SME Student Chapter (UTM). Year Book. 1999.
- Григорьев С.Н., Грибков А. А., Алёшин С. В. Технологии нано-обработки. 2015. 243 с.
- Боровский Г.В., Захаревич Е. М., Шавва М. А. Оборудование для ультрапрецизионной обработки // Фотоника № 1/61/2017. С. 52-54.
- Jackson M. J. Microfabrication and Nanomanufacturing. CRC Press. 2006. P. 401.
- <https://nanotechsys.com/>
- Должиков В. П. Технологии наукоемких машиностроительных производств. Томск: ТПУ, 2013. 301 с.

МИКРОПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИЯ

Проведенный в 2021 году обзор мирового рынка газотермических покрытий показал, что лидирующее место с долей выручки 32% занимает плазменное напыление, второе место отдано газопламенному напылению с долей выручки 25% (рис. 1) [1]. При этом газопламенное напыление покрытий — это более простой и дешевый процесс, обеспечивающий прочность сцепления с основой 5–25 МПа, пористость — 10–15%, скорость порошка в процессе напыления — 20–80 м/с.



Рис. 1. Мировой объем рынка методов газотермического напыления в 2020 г. [1]

Среди различных плазменных технологий, использующих электродуговую плазму, атмосферное плазменное напыление (англ. Atmospheric Plasma Spraying — APS) активно применяется с конца прошлого века [2–4]. Данный процесс основан на формировании покрытий из порошковых или проволоочных материалов, как правило, толщиной 0,1–1 мм и нагреве напыляемых деталей не более 150°C.

В качестве источника энергии для нагрева и разгона присадочного материала при APS применяется сжатая электрическая дуга мощностью до 40 кВт и током до 600 А (в российском оборудовании) и до 150 кВт и током до 1000 А (в зарубежных установках). В оборудовании для APS используется два типа плазмотронов, генерирующих плазму — с самоустанавливающейся и фиксированной длиной дуги (рис. 2). При использовании последней, длина столба дуги больше при одинаковом токе и расходе газа и, соответственно, выше энтальпия и температура плазмы.

Микроплазменное напыление (МПН) является разновидностью APS, при этом в большинстве случаев оно относится к прецизионным технологиям, где требуется нанесение функциональных покрытий на локальные зоны малогабаритных и тонкостенных деталей с высоким коэффициентом использования материала и минимальным тепловложением. Термин «микро» в технологии МПН связан с применением сжатой электрической дуги низкой электрической мощности — до 2,5 кВт и током до 60 А. Используемая при МПН плазменная струя имеет сфокусированное ламинарное течение и, соответственно, невысокий уровень шума (до 50 Дб).

Плазмообразующим газом при МПН является аргон, обеспечивающий наибольшую стабильность работы и долговечность элементов плазмотрона, минимальный нагрев подложки за счет быстрого падения температуры по длине плазменной струи, повышенные скорости аргоновой плаз-

мы. В качестве материала катода используется стержневой вольфрамовый электрод с модификацией наружной поверхности. Дополнительная стабилизация плазменной струи, защита анода и подложки от окисления при МПН осуществляется защитным газом — аргоном.

Сравнительно низкая напряженность электрического поля сжатой дуги в аргоне (по сравнению с молекулярными газами) определяет преимущества плазмотронов с фиксированной длиной дуги, что достигается использованием специальных межэлектродных вставок. В плазмотронах для МПН, имеющих межэлектродные вставки, длина дуги

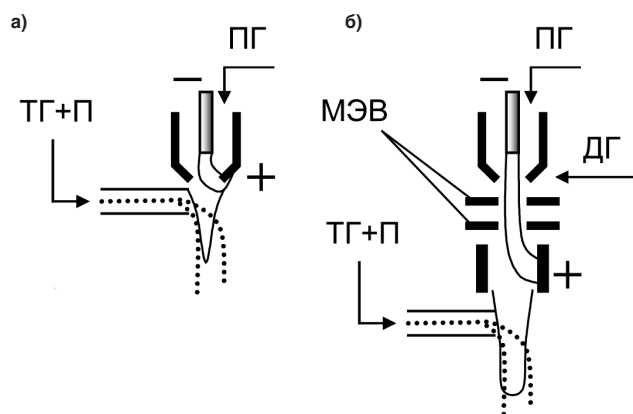


Рис. 2. Схемы плазмотронов для напыления с самоустанавливающейся (а) и фиксированной длиной дуги (б), где ПГ — плазмообразующий газ, ТГ — транспортирующий газ, ДГ — дополнительный газ, П — порошок; МЭВ — межэлектродные вставки



ЛУЧШИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ!

- Разработка технологий, изготовление и поставка оборудования, материалов применительно к процессам упрочнения, нанесения покрытий и ремонта.
- Услуги по наплавке, напылению, упрочнению и модификации.
- Выполнение НИР и ОКР по выбору и разработке упрочняющих технологий и оптимальных покрытий, аттестация покрытий.
- Маркетинговые и информационные услуги, инженерный консалтинг.
- Проведение конференций, школ-семинаров.



г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., д. 68
Бизнес-центр «Буревестник», оф. 103
Тел.: (812) 679-46-74, факс: (812) 679-46-74
office@plasmacentre.ru, www.plasmacentre.ru



а) **Рис. 3.** Вид плазматронов с аксиальным вводом порошка (а) и вынесенным анодом (б)

Рис. 4. Блок аппаратуры и источник тока установки для МПН →



Рис. 5. Вид плазменной струи при МПН металлического порошка плазматроном с аксиальным вводом

искусственно увеличивается и фиксируется конструкцией дугового канала плазматрона. Это обеспечивает:

- увеличение надежности и ресурса работы элементов плазматрона (в том числе минимальную эрозию анода) за счет уменьшения тока при повышенном напряжении дуги без снижения мощности и теплового КПД плазматрона (доходящего до 60–70%);

- высокую эффективность и стабильность нагрева и ускорения дисперсных материалов и, как следствие, повышенное качество напыленных покрытий (например, высокую адгезию);

- гибкость регулирования режимов напыления.

Конструктивно плазматроны для МПН имеют два варианта исполнения — с аксиальным вводом порошка и вынесенным анодом (**рис. 3**). Первый вариант относится к плазматронам с фиксированной длиной дуги за счет использования межэлектродной вставки. Исполнение плазматрона с вынесенным анодом также может быть отнесено к первому варианту, но уже за счет отсутствия традиционного кольцевого анода. Известно, что такие аноды, изготавливаемые в виде цилиндрической или конической детали, радиально окружающей близлежащую к катоду зону, и образующей замкнутое пространство, не обеспечивают жесткой привязки анодного пятна дуги. Катодный и анодный узлы плазматрона во всех вариантах

имеют водяное охлаждение. Использование плазматронов с вынесенной дугой, а также оптимальные варианты ввода порошка в плазматрон впервые были предложены в 90-х годах прошлого столетия [5–8]. Для обеспечения поджига и поддержания электрической дуги в плазматроне, контроля параметров и диагностики его функционирования, газо- и водораспределения, связи с другими элементами оборудования используется блок аппаратуры с инверторным источником тока (**рис. 4**). Оборудование является мобильным и требует только стандартного подключения к сети 380/220 В и источнику газа — баллону с аргоном. Для водяного охлаждения плазматрона используется устройство автономного охлаждения или подача воды из сетевой магистрали.

Большое влияние на качество покрытий и надежность оборудования при APS оказывает схема ввода порошка в плазматрон. Наиболее часто он вводится радиально в выходную часть анода или под срез выходного отверстия перпендикулярно истекающей плазменной струе вместе с транспортирующим газом. Место ввода порошка выбирается с учетом исключения его нагрева до температуры плавления для обеспечения отсутствия налипания расплавленных частиц на деталях, формирующих каналы подачи, и образования капель. При МПН используются плазматроны как с аксиальным вводом, так и с вводом порошка в зону максимально приближенную к анодному пятну (в существующих аналогах оборудования для МПН подача порошка осуществляется прямо в дуговой промежуток). При аксиальном вводе значительно уменьшаются потери

порошка и расширяются возможности напыления порошковых материалов с разной зернистостью, отличающимися химическим составом и плотностями (**рис. 5**). Ввод в приосевую зону максимально приближенную к анодному пятну в плазматронах с вынесенной дугой позволяет использо-



Рис. 6. Порошковый (а) и жидкостной (б) дозаторы для МПН



вать наиболее высокотемпературную зону плазменного потока. При этом для исключения налипания расплавленных порошков плазматрон изготавливается с вынесенным анодом.

Для подачи порошков в установке МПН используется порошковый дозатор эжекционно-импульсного принципа действия с дополнительной микровибрацией (рис. 6а). Стабильная подача порошкового материала при МПН в режиме малых расходов (0,5–5 г/мин) обеспечивает его эффективное расплавление и формирование равномерного и сплошного покрытия заданной толщины в единицу времени. В дозаторе осуществляется не только регулировка расхода порошка, но и возможность изменения расхода и давления транспортирующего газа, что особенно важно при использовании плазматрона с аксиальным вводом порошка.

С целью дополнительного легирования порошковых материалов, создания уникальных композиционных покрытий, проведения процессов модификации, нанесения тонкопленочных подслоев для повышения адгезионной прочности порошковых покрытий дополнительно в оборудовании для МПН возможно использование жидкостного дозатора (рис. 6б). Он обеспечивает дозированную подачу паров летучих соединений жидких реагентов в смеси с транспортирующим (инертным) и дополнительным (активным) газами в условиях контроля расхода газовых и паровых смесей для проведения плазмохимических процессов.

Расход плазмообразующего газа для используемых плазматронов МПН составляет 0,5–3,0 л/мин (при процессах APS — 30–50 л/мин). Средняя скорость частиц порошка при МПН — 50–70 м/сек (при обычном APS плазматроне Sulzer Metco F4 скорость частиц достигает порядка 140 м/сек). Температура частиц порошка при МПН в среднем составляет 2100–2300°C, что сопоставимо с температурой порошка при APS-процессах [9]. Удельная энтальпия плазмы (количество тепла, содержащегося в единице массы плазменного потока) при МПН в результате большей мощности, приходящейся на единицу расхода плазмообразующего газа, превышает удельную энтальпию плазмы в традиционных плазматронах для APS. Металлические покрытия, наносимые МПН, могут иметь пористость $\leq 2\%$, адгезионную прочность — 40–70 МПа, коэффициент использования порошка — 60–80% [9].

Сфокусированное ламинарное течение плазменной струи при МПН, в отличие от турбулентного течения в APS-процессах, обеспечивает получение минимальной ширины полосы покрытия (2–5 мм) и максимальную эффективность использования порошка (табл. 1). Известно, что турбулентное течение плазменной струи характеризуется:

- повышенным смешиванием с окружающим холодным воздухом, вызывающим быстрое охлаждение струи и ухудшающим прогрев порошка;
- возможным окислением и неоднородным прогревом порошковых материалов;
- образованием большого угла распыла, приводящего к низкому коэффициенту использования материала.

Особенно следует отметить эффективность использования МПН по мини-

Таблица 1. Сравнительные характеристики процессов МПН и APS

Показатели	МПН	APS
Мощность, кВт	2,5	40
Расход плазмообразующего газа, л/мин	до 3,0	30–50
Производительность, г/мин	0,5–5	до 100
Тип струи	ламинарный	турбулентный
Угол раскрытия струи, град	2–6	10–20
Диаметр пятна напыления, мм	5–10	15–30
Скорость частиц, м/с	до 70	100–150
Уровень шума, дБ	30–50	100–130

мальному расходу плазмообразующего газа — до 3 л/мин. Для сравнения в процессах газоплазменного напыления, занимающего 25% мирового рынка (рис. 1), совокупный расход газов больше в 15 раз (примерно: ацетилен — 15–16 л/мин, кислорода — 16–17 л/мин, воздуха — 15 л/мин).

Кроме этого, процесс МПН характеризуется важными дополнительными механизмами воздействия плазменного потока на порошок, напыляемую деталь и покрытие:

- наличием направленного потока ионизированных, возбужденных частиц и озона;
- испусканием инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучения;
- термической неоднородности и неоднородности структуры плазмы;
- наличием низкочастотных и высокочастотных пульсаций плазмы;
- специфическим взаимодействием с поверхностью металла, всегда имеющим ионизированные пылевые частицы, слой жировых молекул, слой водяных молекул, адсорбированный слой кислородных анионов и нейтральных молекул воздуха.

Именно благодаря этим механизмам плазменный поток активирует как вводимый в плазму порошковый материал, так и напыляемую поверхность.



Рис. 7. Вид плазменной струи при МПН (а) и газового пламени при HVOF (б)

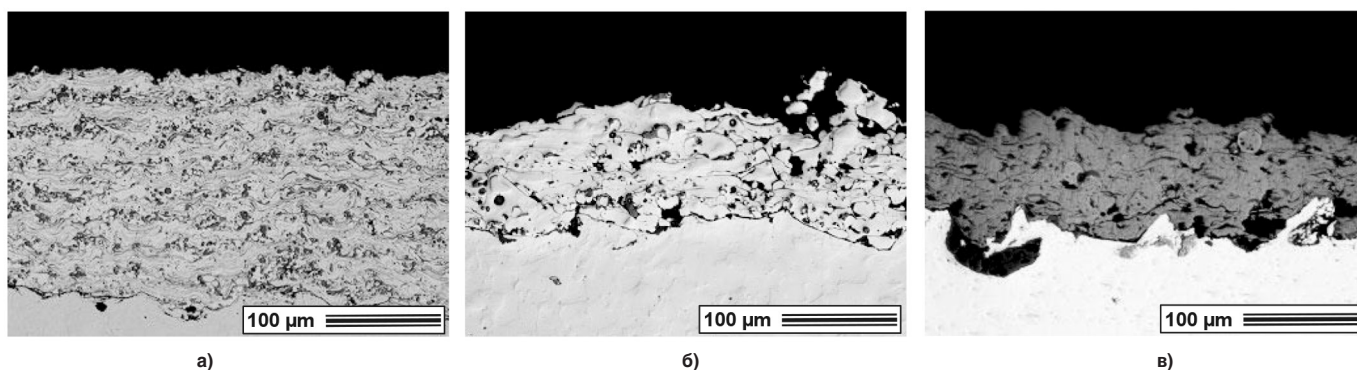


Рис. 8. Микроструктура покрытий при МПН: а) Ni20Cr, б) ZrO₂-Y₂O₃, в) Cr₃C₂-Ni20Cr [9]

Наиболее близкой по форме плазменной струе при МПН соответствует вид пламени при высокоскоростном газоплазменном процессе (HVOF) (рис. 7б). В отличие от газового пламени, плазменная струя образуется при пропуске плазмообразующего газа через столб электрической дуги, которая функционирует за счет протекания электрического тока в газе под действием внешнего электрического поля. Область дуги, заполненная газоразрядной плазмой, имеет конечные размеры и окружена холодными стенками водоохлаждаемых элементов плазмотрона и относительно холодным газом. В этой области существования дуги важную роль играют процессы переноса тепла и частиц, которые протекают совместно с объемными процессами энерговыделения, образования и нейтрализации заряженных частиц. Поэтому газоразрядная плазма всегда отличается высокой пространственной неоднородностью как по скоростным, так и по температурным параметрам. В связи с этим при МПН источником нагрева деталей является тепло, передаваемое распыляемым порошком, в отличие от HVOF, где деталь нагревается пламенем, образуемым от сгорания горючих газов [9]. Важно отметить, что плазменная струя при МПН (рис. 7а) функционирует при расходах плазмообразующего газа до 3 л/мин и защитного газа до 5 л/мин, а близкая по форме струя при HVOF — только при совокупном расходе пропана 15–20 л/мин, кислорода 30–40 л/мин и воздуха 500–700 л/мин. Дополнительным важным отличием является использование при МПН инертного газа, который обеспечивает защиту наносимого покрытия от окисления, а при HVOF всегда применяется окислительная среда — кислородосодержащее пламя, которое взаимодействует с образованием тонкой оксидной пленки как на напыляемом порошке, так и на подложке.



Рис. 9. Коллектор с покрытием Al₂O₃-TiO₂

Для МПН используется широкая номенклатура порошковых материалов на основе сплавов железа, никеля, кобальта, меди, молибдена, титана, интерметаллиды, гидроксипатит, керамика и другие. Оптимальный фракционный состав порошков для МПН — 45+15 мкм. В связи с невысокой температурой порошковых материалов (2100–2300°C) и выбором оптимальной дистанции напыления (от 50 мм) при МПН возможно нанесение износостойких покрытий на основе карбидов вольфрама, в отличие от их сгорания при использовании традиционного процесса APS. МПН эффективно для нанесения биосовместимых покрытий из гидроксипатита с регулируемой пористостью (размер пор — 50–150 мкм) на эндопротезы тазобедренного, локтевого, коленного суставов, проксимальные модули, на имплантаты для межтелового спондиллодеза, стоматологии и другие. Степень кристалличности таких покрытий составляет ≈ 80% (у исходного порошка — 90%) [10].

На рис. 8 представлены отдельные виды микроструктур покрытий, которые демонстрируют пористость ниже 3%, а у металлических покрытий даже меньше 2%. При этом адгезионная прочность сцепления данных покрытий составляла 40–70 МПа, несмотря на относительно низкие скорости частиц [9].

Виды реализуемых покрытий при МПН аналогичны традиционному процессу APS. Это износостойкие, антифрикционные, термостойкие, жаростойкие, эрозионностойкие, фреттингостойкие, кавитационностойкие, коррозионностойкие, диэлектрические, поглощающие и отражающие излучение, биосовместимые и другие покрытия.

Отдельные виды покрытий, наносимых МПН:

— керамические покрытия (TiO₂, Al₂O₃, ZrO₂) [15] —
рис. 9;



Рис. 10. Плунжер с покрытием WC-Co



Рис. 11.
Детали подшипников скольжения с покрытием из бронзы ПР-БрАЖМц 8,5-4-5-1,5 и меди М1



Рис. 12.
Коронки и зубные протезы с покрытием из титана и кобальтового сплава



Рис. 13.
Эндопротез с покрытием гидроксипатита



Рис. 14. Лопатка газотурбинного двигателя с покрытием Stellite 6

- износостойкие покрытия (WC-Co, WC-Ni) [9] — **рис. 10;**
- антифрикционные покрытия (молибден, бронза, медь) [11] — **рис. 11;**
- покрытия с повышенной шероховатостью (ретенционные), покрытия на зубные коронки и протезы [12] — **рис. 12;**
- биосовместимые покрытия (гидроксипатит, титан, тантал) [13] — **рис. 13;**
- термостойкие покрытия (инконель, стеллит, хастеллой) [14] — **рис. 14.**

Приведенные основные сведения о процессе МПН и разработанном для него оборудовании показывают широкие возможности данной технологии для напыления различных порошковых материалов. Минимальные габариты оборудования позволяют использовать его как в промышленных условиях, так и в различных лабораториях, например, исследовательских или зуботехнических. Особенно эффективен процесс для напыления на единичные и мелкосерийные детали. Повысить качество наносимых покрытий методами плазменного напыления возможно также при использовании режимов модуляции электрических параметров (наложении на средний ток дуги плазматрона однополярных или двухполярных импульсов тока) или импульсных режимов [3], при дополнительном вводе паров жидких реагентов с целью легирования покрытий [2]. Применяемые в настоящее время для МПН плазматроны с вынесенным анодом имеют достаточно значительные габариты, обеспечивают процесс напыления только при строго горизонтальном расположении плазматрона и вертикальной (сверху) подаче порошка [16].

Тополянский П. А., ООО «Плазмацентр»
E-mail: office@plasmacentre.ru

Литература

1. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/thermal-spray-coatings-market
2. Соснин Н.А., Ермаков С. А., Тополянский П. А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. СПб.: изд-во Политехнического ун-та, 2013. 406 с.
3. Кадырметов А. М. Управление технологическим обеспечением процессов плазменного нанесения покрытий в режиме модуляции электрических параметров. Воронеж: издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2013. 260 с.
4. Кравченко И.Н., Глинский М. А., Карцев С. В. и др. Ресурсосберегающие плазменные технологии при ремонте перерабатывающего оборудования. Инфра-М, 2021. 200 с.
5. Патент РФ № 2005584. Плазматрон для напыления порошковых материалов. МПК C1, B23K 10/00, опубл. 15.08.1991
6. Patent US5733662. Method for depositing a coating onto a substrate by means of thermal spraying and an apparatus for carrying out said method. C23C 4/12; B05C 5/04. 1998
7. Patent WO 9012123A1-1990-10-18, EP 0423370 A1, EP0423370A4, C23C4/134. Ermakov S. A., Karasev M. V., Klubnikin V. S., Maslennikov V. M., Sosnin N. A., Topolyansky P. A., Fedorov S. J. Method of treatment with Plasma and Plasmatron.
8. Тополянский П. А. Комплекс газотермического напыления защитных и упрочняющих покрытий // Сварочное производство. 1990. № 12. С. 25–26
9. Lugscheider E., Bobzin K., Zhao L., Zwick J. Assessment of the microplasma spraying process for the coating application. Advanced Engineering Materials. 2006. № 8: 635–639
10. Dey A., Mukhopadhyay A. K. Nanoindentation Study of Phase-pure Highly Crystalline Hydroxyapatite Coatings Deposited by Microplasma Spraying. The Open Biomedical Engineering Journal. 2015. 9. 65–74
11. Li C., Sun B. Microstructure and property of micro-plasma-sprayed Cu coating. Materials Science and Engineering. 2004. 379. 92–101
12. Большаков Г.В., Батрак И. К., Марков Б. П., Кузнецов О. Е., Красильников А. Р., Чистяков Б. Н. Плазмонапыленные адгезивные системы для облицовки зубных протезов полимерными материалами // Панорама ортопедической стоматологии. 2005. № 1. С. 22–26
13. Алонцева Д.Л., Прохоренкова Н. В., Русакова А. В., Красавин А. Л., Кадыролдина А. Т., Борисов Ю. С., Войнарович С. Г., Кислица А. Н. Разработка технологии микроплазменного нанесения биосовместимых покрытий для изготовления медицинской продукции // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. 2017. № 3 (77). С. 65–71
14. Bo S., Yongfeng B., Changjiu L. Effect of spray parameters on the microstructure and properties of microplasma sprayed NiCrBSi coatings. International Conference on Advanced Manufacturing Technology. 1999. 1287–1290
15. Li C., Sun B. Microstructure and property of Al₂O₃ coating microplasma-sprayed using a novel hollow cathode torch. Materials Letters. 2003. 58. 179–183
16. Ющенко К.А., Борисов Ю. С., Войнарович С. Г., Кислица О. М., Кузьмич-Янчук Е.К., Фомакин А. А. Микроплазменное напыление покрытий // Сварщик. 2013. № 3. С. 16–18

АВТОМАТИЗАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ КАДРОВОГО ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА

Двадцать первый век считается веком информационных технологий. Любое действие человека стремится к автоматизации и замене ручного труда. Уже невозможно представить ни одно предприятие, организацию и даже самый маленький отдел без работы с информационными системами. Сфера управления персоналом не является исключением.

Кадровый учет является одним из важнейших вопросов любой организации. Данная сфера деятельности особенно чревата последствиями в случае несоблюдения порядка оформления, хранения информации, касающейся трудовой деятельности, начиная от штрафов, заканчивая проблемами с оформлением пенсии в дальнейшем. Во избежание ошибок, возникающих во время работы, повышения эффективности упрощения деятельности кадрового подразделения требуется внедрение информационных технологий.

Буквально несколько лет назад абсолютно вся работа кадровых подразделений была построена на ручном труде. Личные карточки заполнялись от руки, приказы печатались на печатных машинках и согласовывались в очном формате, путем подписания их на бумаге. В современных реалиях кадровые подразделения становятся не просто связующим звеном между работником и работодателем, они превращаются в некие центры по реализации стратегии эффективной организации труда, целью которой является повышение отдачи персонала своей работе, повышения эффективности работы организации, а также обеспечение справедливой оплаты труда.



Фото с сайта: <https://online-kassa.ru>

Современный рынок предлагает множество программных продуктов для решения кадровых вопросов. Применение каждого из них в конкретной организации зависит от целей, направления деятельности, а также от численности штата.

Благодаря автоматизации кадрового делопроизводства организации появляется возможность регистрировать и размещать приказы по личному составу сотрудников, вести учет количества работников, отпусков, больничных листов. Автоматизация помогает кадровым подразделениям оперативно получать необходимую информацию для дальнейшего анализа, группирования и архивирования. Благодаря установленному программному обеспечению кадровые работники имеют возможность эффективно распределять задачи, экономить время, а также повышать продуктивность своей деятельности.

Современное программное обеспечение позволяет кадровым работникам:

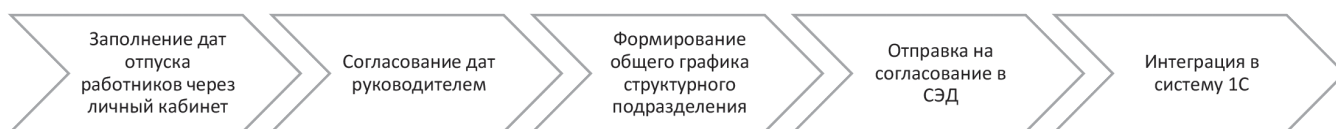
- своевременно получать необходимые данные для дальнейшего анализа и оперативного принятия решений;
- иметь эффективный реестр всех данных, относящихся к работникам организации, тем самым обеспечивая платформу для анализа и планирования материальных расходов организации;
- совершенствовать бизнес-процессы организации и непосредственно кадрового подразделения благодаря исключению внесения одинаковых данных в системах кадрового и бухгалтерского учета;
- вести кадровый учет организации в соответствии с действующим законодательством, исключая тем самым риск получения штрафов.

Несмотря на эффективность внедрения программного обеспечения в работу кадровых служб, информация, которая касается личных данных сотрудников, по-прежнему зачастую готовится и хранится в бумажном виде, в связи с чем увеличивается время обработки документов, а также поиска необходимых данных. Вопрос с конфиденциальностью и надежностью хранения информации на бумажном носителе пока остается открытым.

Однако и в этом случае есть возможность для автоматизации. В работе с личным составом чаще всего создается большой объем специфичных и однотипных документов, которые легко поддаются группированию и формализации. Для того чтобы повысить эффективность работы и уменьшить время, затрачиваемое на обработку документов, необходимо создание унифицированных форм документов и их электронных версий или, что лучше, внедрение электронных версий утвержденных общегосударственных унифицированных форм и создание шаблонов на их основе. При таком подходе работа кадрового подразделения средней организации может осуществляться всего одним специалистом.

Основные потребности современных организаций определяются двумя основными факторами: требованиями действующего законодательства и общей ситуацией с автоматизацией. На сегодняшний день вся автоматизация кадрового делопроизводства организации заключается в использовании разных программ для каждого из процессов работы: приказы печатаются в Word, кадровый учет ведется в Excel, а заработная плата считается в 1С. При большой численности работников организации трудозатраты на анализ и получение статистической информации значительно увеличиваются. В связи с этим первоначальной целью автоматизации кадрового делопроизводства является объединение всех процессов, для которых используются абсолютно разные программы, в одну систему документооборота.

Учитывая важность унификации документов для повышения эффективности процессов управления, качества работы предприятия, Госкомстат России разработал формы первичной учетной документации, согласованные с Минфином и Минэкономки России. К формам по учету личного состава относятся формы по движению кадров: прием на работу, кадровые перемещения, отпуска, увольнения и командирования. Однако основная документация по личному составу, такая как карточки по форме Т-2, трудовые книжки, лицевые счета, имеет долговременный



срок хранения (75 лет) в связи с тем, что играет важную роль в урегулировании правовых конфликтов, ее хранение в бумажной форме является обязательным.

Рассмотрим вариант решения поставленной задачи по внедрению электронного документооборота с целью автоматизации кадрового делопроизводства организации на примере тех документов, чей перевод в электронный вид не противоречит законодательству. Для примера рассмотрим предоставление отпуска сотрудникам.

На каждом предприятии ежегодно составляются и подаются на согласование графики отпусков сотрудников. Ранее это происходило путем ручного заполнения таблицы, сбора подписей всех работников структурного подразделения и дальнейшего согласования уполномоченных лиц. Каждый из перечисленных пунктов занимал огромное количество времени. В случае обнаружения ошибки кадровым подразделением график отпусков приходилось полностью менять, повторяя весь алгоритм действий, что значительно увеличивало время обработки документа.

Так как срок хранения графиков отпусков всего 3 года, у организации есть возможность создавать и согласовывать данный документ в электронном виде. В большинстве организаций на данный момент существует система личных кабинетов работников. Одним из вариантов решения проблемы с бумажными графиками отпусков является их электронное заполнение и согласование. Для этого работнику необходимо заполнить даты планируемого отпуска в своем личном кабинете и отправить на согласование своему непосредственному руководителю. После заполнения дат отпуска всеми сотрудниками структурного подраз-

деления руководитель формирует единый файл с датами отпуска своих сотрудников. Благодаря интеграции простой электронной подписи в личный кабинет работника данный график отпусков является идентичным и равноценным своей бумажной версии. После формирования готового графика отпусков его электронная версия направляется на согласование уполномоченным лицам с использованием системы электронного документооборота. После успешного согласования всеми инстанциями график отпусков автоматически интегрируется в систему 1С для обработки кадровым подразделением.

Данный способ является одним из возможных вариантов решения проблемы большого количества бумажной документации и перевода документов в электронный вид. Стоит отметить, что его реализация будет возможна только в случае успешного внедрения системы электронного документооборота в деятельность организации и безупречной настройки ее работы. Большую роль здесь играют программисты и разработчики систем электронного документооборота. Важно, чтобы разработчики понимали конечную цель организации и специфичность деятельности ее работы.

Таким образом, несмотря на то, что на данный момент нет возможности полностью перейти на электронный документооборот в связи с требованиями законодательства, уже сейчас есть документы, которые можно и нужно переводить в электронный вид, тем самым снижая трудозатратность выполнения задач и повышая эффективность деятельности всей организации.

К. А. Филатова

e-mail: kphilatova@yandex.ru

rosmould

featuring **3D-TECH Area**

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

15 – 17 июня 2021

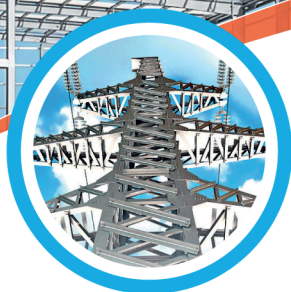
МВЦ «Крокус Экспо», Москва

+ Специализированный раздел выставки

Аддитивные технологии и 3D-печать

**08-10
июня 2021**

Москва
ЦВК «Экспоцентр»
Павильон 8



При поддержке:

АРСС

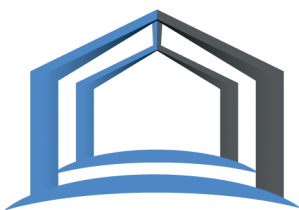
Ассоциация развития
стального строительства



Российский союз
поставщиков
металлопродукции

6-я Международная
специализированная выставка

Металло Конструкции 2021



12+

Место проведения:



Генеральный
информационный партнер:



Организатор:



www.mc-expo.ru

+7 (495) 734-99-66

ОРГАНИЗАТОР



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

15-17 СЕНТЯБРЯ

Ижевск' 2021

ПРИГЛАШАЕМ
К УЧАСТИЮ

ТЕМАТИКА:

- Металлообрабатывающее оборудование. Инструмент. Металлопродукция
- Комплектующие изделия и материалы
- Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации процессов
- Техника и технологии для добычи нефти и газа, нефтепереработки и нефтехимии
- Энергетическое и электротехническое оборудование
- Охрана труда, безопасность на производстве. СИЗ
- Средства пожарной и промышленной безопасности

Место проведения: площадка у ТЦ «Мой Порт»,
ул. Кирова, 146, мобильный павильон

БРОНИРОВАНИЕ ПЛОЩАДЕЙ:

8-912-856-13-93

metal@vcudm.ru

promforum18.ru



ТЕРМООБРАБОТКА

14 Международная специализированная выставка

28 - 30 сентября 2021

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 7

Единственная в России
выставка термического
оборудования и технологий

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



ufi
Approved
Event



Факты о выставке 2019 года: 80 экспонентов из 10 стран мира:
Россия, Германия, Италия, Швеция, Испания, Австрия, Китай, Словения,
Франция, Швейцария, 3022 кв.м. экспозиции, 2830 посетителей-специалистов.

SECO/WARWICK

VERDER scientific

KANTHAL

bosio

AVG

dlb

RUBIG

SCHMETZ

NA

TAV

Eurotherm

PVA TePla

FUCHS

Бронь стендов и
пригласительные
билеты на
www.htexporus.ru

Организатор:
Мир-Экспо

Н А Н О В О Й В Ы С О Т Е

Организаторы



МАКС 2021

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИЙ
САЛОН**

Устроитель



WWW.AVIASALON.COM • 20-25 ИЮЛЯ • ЖУКОВСКИЙ

★ ARMY 2021

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ФОРУМ



*Т-90

22–28 АВГУСТА
ПАТРИОТ ЭКСПО

WWW.RUSARMYEXPO.RU

ОРГАНИЗАТОР



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫСТАВОЧНЫЙ
ОПЕРАТОР



МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ

ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ



РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на журнал «РИТМ машиностроения» с любого месяца. Стоимость одного номера — 250 рублей, стоимость годовой подписки (10 номеров) — 2500 рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: ritm@gardesmesh.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 — 250 рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — 1000 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@gardesmesh.com, www.ritm-magazine.ru

e-mail: info@additiv-tech.ru, www.additiv-tech.ru