

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'4
2023

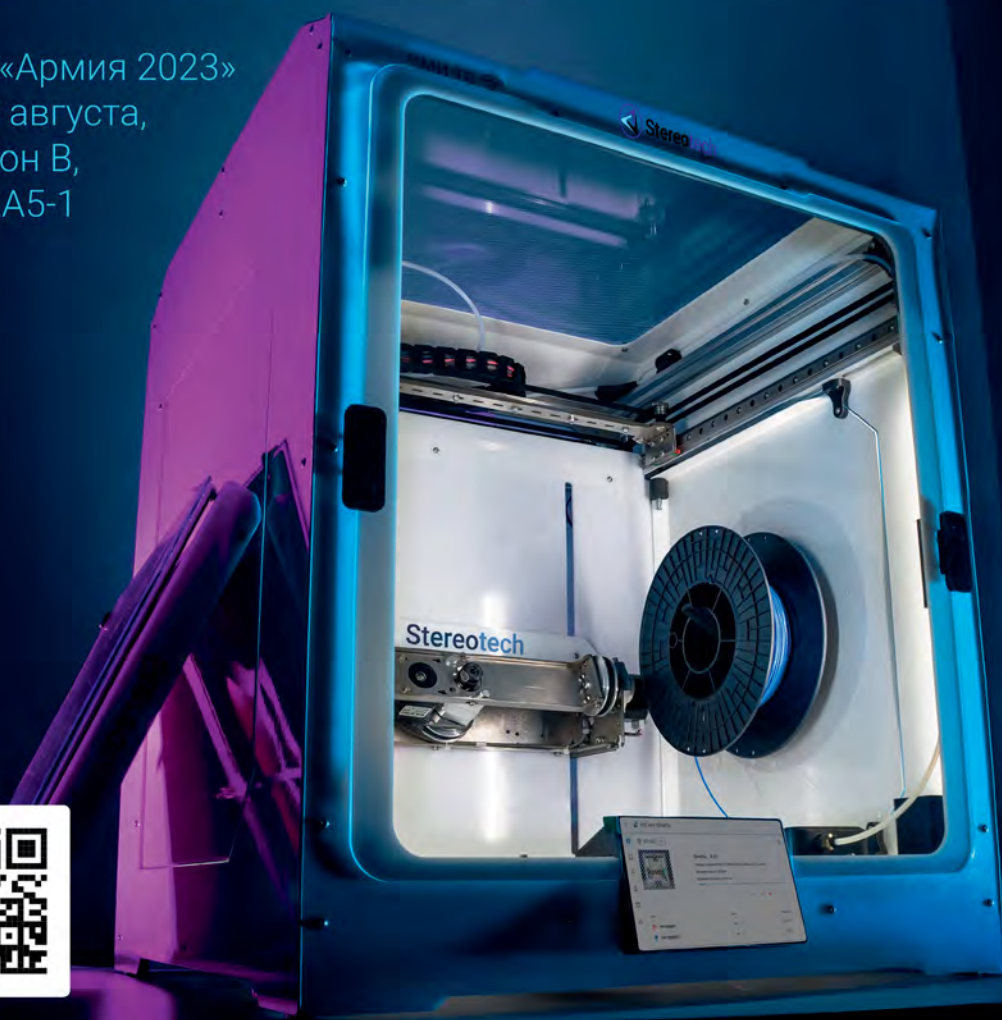
материал на странице 5



5D-ПРИНТЕР ПЕЧАТАЕТ ТО, ЧТО НЕ МОГУТ 3D-ПРИНТЕРЫ

на производстве, складе,
передвижной ремонтной станции

Форум «Армия 2023»
14 – 20 августа,
павильон В,
стенд 2А5-1



СДЕЛАНО
В РОССИИ



Волгашлиф Плюс

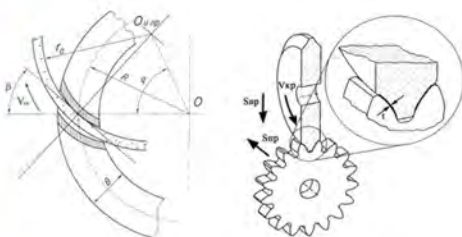
ПРОИЗВОДСТВО И ПРОДАЖА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА НА КЕРАМИЧЕСКИХ СВЯЗКАХ ДЛЯ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ



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

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

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



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

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



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

ОБНОВЛЕННАЯ ЛИНЕЙКА ПИКОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРОВ СЕРИЯ UPL



Волоконные лазеры **UPL** идеально подходят для различных технологических применений, включая обработку стекла, кремния, керамики, полимеров и композитных материалов.

- Длины волн **1030, 515 и 355 нм**
- Выходная средняя мощность **до 100 Вт**
- Энергия в импульсе **до 100 мкДж**
- Режим пачек импульсов **BurstMode**
- Высокая пиковая мощность **до 10 МВт**
- Варианты длительности импульса **10-40 пс**
- Частота повторения **до 2 МГц**
- **Компактный** корпус
- Производство **РФ**



ПРОСТОТА ЭКСПЛУАТАЦИИ, БЕСПРЕЦЕДЕНТНО ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Подробнее о серии UPL

НТО "ИРЭ-Полус" представляет обновленную серию пикосекундных лазеров **UPL** с излучением на длинах волн 1030 нм, 532 нм и 355 нм в компактном корпусе. Длительность импульса может быть выбрана заказчиком в диапазоне от 10 до 40 пс. Волоконное исполнение 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 с минимальной зоной термического влияния практически любого материала: металла, стекла, керамики, кремния, пластмасс.

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

+7 (495) 477-71-77; sales@ntoire-polus.ru

www.ipgphotonics.com



СОДЕРЖАНИЕ

- 6**
Итоги выставки «Металлообработка-2023» /
Results of the exhibition «Metalloobrabotka-2023»
- 7**
Металлообработка-2023: впечатления с выставки /
«Metalloobrabotka-2023»: impressions from the exhibition
- 20**
Комплекующие – камень преткновения для всех /
Accessories – a stumbling block for everyone
- 22**
Это не проблемы. Это задачи / These are not problems. These are tasks
- 24**
Рынок промышленной термообработки / Industrial Heat Treatment Market
- 25**
О развитии российского рынка термообработки /
Russian heat treatment market development
- 30**
Сделано в России, сделано на совесть / Made in Russia, made to last!
- 34**
Сервоприводы «Ферзь» от «ИНЕЛСО» – новая фигура на поле приводных
решений / Servo drives «Ferz» from INELSO – as a new Queen on a chess
board of drive solutions
- 36**
Как выбрать оборудование для вибрационных испытаний? /
How to choose vibration testing equipment?
- 40**
Грабли, или как не стоит улучшать станок /
Step on a rake or a wrong way of improving machine
- 44**
WAAM для вертолетостроения / WAAM for helicopter industry
- 46**
Проектирование конкурентоспособного режущего инструмента /
A competitive cutting tools designing
- 52**
Устойчивое шлифование / Sustainable grinding

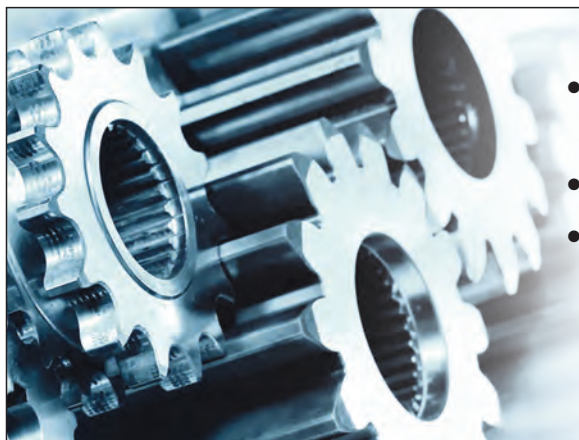
Издатель ООО «ПРОМЕДИА»
директор О. Фалина
главный редактор М. Копытина
выпускающий редактор Т. Карпова
дизайн-верстка С. Куликова
руководитель проектов З. Сацкая

Отдел рекламы:
Е. Пуртова, Е. Ерошкина

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

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

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



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

СТАНКОМАРКЕТ

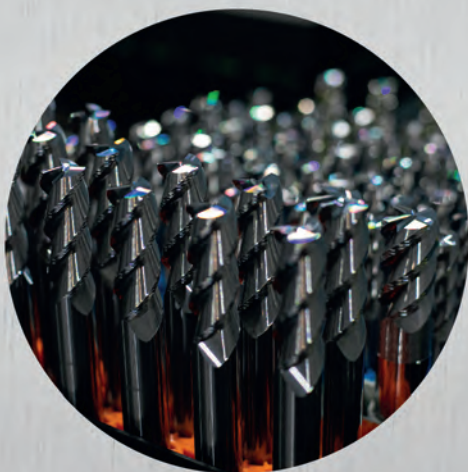
г. Москва, ул. Подольских Курсантов,
д. 3, оф. 346

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

ГОРИЗОНТ ПОКРЫТИЙ



«Горизонт Покровтий» — преемственник Oerlikon в России. Мы сохранили и успели преумножить экспертизу и know-how



Открываем новые горизонты применения покрытий и модификации поверхностей деталей и инструментов



Помогаем нашим партнерам более эффективно управлять своими активами

E-mail : ru.info@hcoatings.ru

Телефон: +7 (495) 107 01 30

Адрес: г. Москва, ул. Николаямская 13 стр. 1, 4 этаж



23–26.10.2023

ТЕХНОФОРУМ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



www.technoforum-expo.ru



**«Оборудование
и технологии
обработки
конструкционных
материалов»**

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Реклама



12+

 **ЭКСПОЦЕНТР**

КАК 5D-ПРИНТЕРЫ ОПЕРАТИВНО ПЕЧАТАЮТ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ В «ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ»

Аддитивные технологии — молодой и бурно развивающийся технологический тренд. Ежегодно здесь появляются новые материалы, новые технические усовершенствования, которые позволяют всё серьёзней относиться к возможностям «аддитивки».

Часть улучшений органично переходит из традиционных способов обработки, в частности многоосевая печать. Как и в классической механической обработке, дополнительные оси свободы открывают возможности по созданию деталей более сложной формы.

ВОЗМОЖНОСТИ РЕВОЛЮЦИОННОЙ 5-ОСЕВОЙ ПЕЧАТИ

Например, 5-осевая печать позволяет печатать крыльчатки и рабочие колёса насосов, для которых характерна сложная форма. Если такие детали печатать на классических 3D-принтерах, то потребуется печать дополнительных поддержек.

Крыльчатка промышленного итальянского насоса Calpeda CT61 стоит 8700 рублей и требует замены раз в 2–3 недели при работе с такими агрессивными жидкостями, как метиловый спирт. Её аналог, напечатанный на 5D-принтере, по себестоимости обходится всего в 50 рублей и, будучи изготовленным из химстойкого полипропилена, отлично показывает себя в эксплуатации (рис. 1). Время печати детали — всего 3 часа, что позволяет получить её быстрее, чем заказывать у поставщиков.



Рис. 1. Напечатанная крыльчатка промышленного насоса



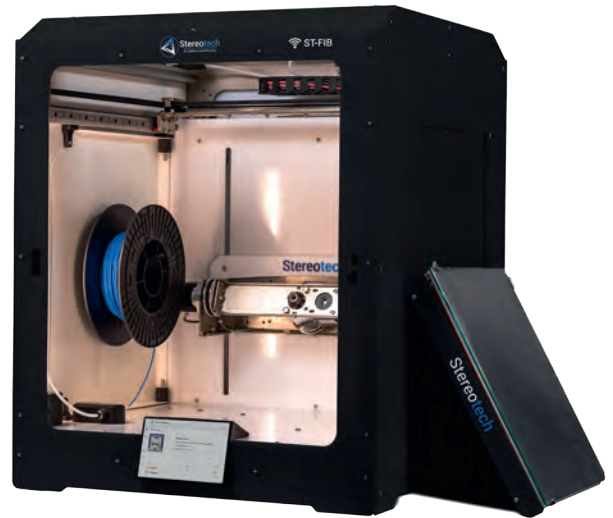
Рис. 2. Напечатанная мембрана промышленного насоса



Рис. 3. Напечатанный кровоостанавливающий турникет



Stereotech
5D additive manufacturing



Другое направление 5D-печати — печать эластичными филаментами и восстановление мембран (рис. 2), в том числе на закладных элементах. Отличный пример — мембрана промышленного насоса Annovi Reverberi, которая обходится в 324 рубля при печати на 5D-принтере против 1400 рублей у поставщика.

ПРОИЗВОДСТВО «В ПОЛЕ»

Основные потребители 5D-принтеров — сервисные организации, обслуживающие специализированную технику. Они получают возможность оперативно печатать по запросу необходимые запасные части. И здесь проявляется главное преимущество аддитивного производства: принтер можно поставить буквально в любом помещении: на складе, логистическом центре и, что становится актуальным, в передвижной ремонтной станции.

5D-печать позволяет быстро реагировать на изменяющуюся повестку и производить то, что актуально в данный момент. Stereotech принял участие в общем движении и оперативно печатает кровоостанавливающие турникеты (рис. 3). Проверяя изделия на практике, мы получаем обратную связь по использованию турникетов и вносим поправки в конструктив. С аддитивными технологиями изменения легко вносятся в готовое изделие без перенатройки процессов.

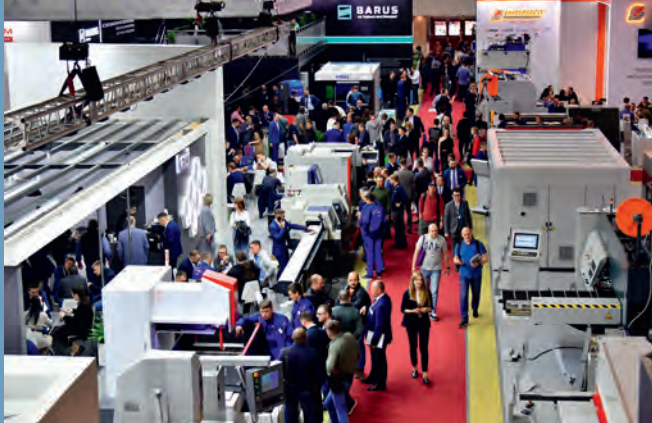
МИРОВОЙ ЛИДЕР В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ

Сегодня компания — производитель 5D-принтеров Stereotech (Россия, Волгоград) предлагает рынку законченное решение — не только сам принтер, но и уникальный 5-осевой слайсер, готовящий модели к печати. Кроме того, Stereotech предоставляет доступ к пополняемой цифровой библиотеке деталей промышленного оборудования. Над созданием каталога работает собственный отдел инженеров-проектировщиков и организации-партнёры.

Запросите презентацию технологии на сайте 5dtech.pro или по телефону +7 499 348-18-48

ИТОГИ ВЫСТАВКИ «МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2023»

С 22 по 26 мая 2023 года в Москве в ЦВК «Экспоцентр» состоялась 23-я международная специализированная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности» — «Металлообработка-2023».



Ключевой выставочный проект продемонстрировал высокую активность всех участников отрасли и стал местом встречи лучших российских и зарубежных производителей станкоинструментальной продукции и заключения крупных контрактов.

На выставке АО «Экспоцентр» подписал соглашение с Ассоциацией аддитивных технологий и с Ассоциацией цифровых инноваций в машиностроении. Эти перспективные направления, безусловно, позволят повысить уровень выставки «Металлообработка».

ЭКСПОЗИЦИЯ

В этом году выставка «Металлообработка-2023» собрала лучших специалистов и крупнейшие компании России, стран СНГ, Ближнего и Дальнего Востока. **1077 компаний из 13 стран и 49 регионов России приняли участие в выставке.**

Экспозиция площадью 40 000 кв. м размещалась в 8 павильонах комплекса и на открытых площадках.

Были представлены национальные экспозиции **Республики Беларусь и Китая**. Значительно выросло количество представленных компаний из Турции и Индии.

10 российских регионов: Белгородская, Воронежская, Калужская, Липецкая, Пензенская, Рязанская, Тверская, Челябинская, Ярославская области, Краснодарский край — ознакомили с продукцией своих машиностроительных предприятий на коллективных стендах, пользующихся поддержкой региональных институтов развития.

Тематические разделы выставки охватили все многообразие оборудования и технологий. В экспозиции были представлены передовые технологические тренды, начиная от интеллектуальных станочных систем нового поколения и автоматических линий до инновационных конструкторских разработок. Многие образцы были представлены рынку впервые. С новинками компаний можно ознакомиться по ссылке www.metobr-expo.ru/ru/media/news/.

На стенде Ассоциации развития аддитивных технологий прошла **презентация и запуск самого большого в России 3D-принтера**, который работает по технологии прямого лазерного выращивания. Новейшая роботизированная установка была создана по заказу «Росатома» в Институте лазерных и сварочных технологий СПбГМТУ. Она предназначена для изготовления промышленных изделий с максимальным диаметром 2,2 метра и высотой до 1 метра.

Значительное внимание на выставке уделялось вопросам специального образования и подготовке высокопрофессиональных кадров для предприятий станкостроительной отрасли. Специализированную экспозицию **«Наука и профильное образование»** представили профильные технические вузы страны, которые не только демонстрировали свои новые разработки, но и приняли участие в деловой программе выставки.

На выставке состоялось подписание двух соглашений ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» с Южным заводом тяжелого станкостроения (ЮЗТС, Краснодар) и с ООО «АДЕМ-инжиниринг».

Ждем вас на 24-й международной выставке «Металлообработка-2024», которая состоится в Москве в ЦВК «Экспоцентр» с 20 по 24 мая 2024 года.

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

Выставка открылась пленарным заседанием, в котором приняли участие заместитель председателя Комитета Совета Федерации по экономической политике Константин Долгов, заместитель министра промышленности и торговли РФ Михаил Иванов, вице-президент Торгово-промышленной палаты Российской Федерации Дмитрий Курочкин, генеральный директор ООО «РТ-Капитал» Семен Якубов, генеральный директор ООО «ЮЗТС» Юрий Коваль, генеральный директор ООО «Вириал» Владимир Румянцев, ректор ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» Владимир Серебряный, заместитель министра промышленности Республики Беларусь Александр Ефимов, президент ассоциации «Станкоинструмент» Георгий Самодуров, первый заместитель генерального директора АО «Экспоцентр» Сергей Селиванов и другие почетные гости.

В рамках выставки состоялся I Национальный форум промышленной кооперации и системного инжиниринга. Форум организован Торгово-промышленной палатой РФ совместно с ТПП Ростовской, Ярославской, Орловской областей, Советом ТПП РФ по промышленному развитию и конкурентоспособности экономики России, ассоциацией «Национальное партнерство развития субконтракта», Ассоциацией металлообрабатывающих предприятий и АО «Экспоцентр».

Министерство промышленности и торговли РФ, федеральное бюджетное учреждение «Центр управления проектами в промышленности», ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» и АО «Экспоцентр» провели **круглый стол «Технологический суверенитет: кадровое обеспечение станкоинструментальной отрасли и ОПК»**.

О механизмах государственной поддержки станкоинструментальной отрасли шла речь на **конференции «Развитие российских производителей станкоинструментальной продукции в современных условиях. Государственная поддержка отрасли»**, организаторами которой выступили Министерство промышленности и торговли РФ, ФБУ «Центр управления проектами в промышленности» и АО «Экспоцентр».

На **круглом столе «Перспективы создания цифровых производств и развития кооперации в металлообработке и машиностроении»**, организованном АО «Экспоцентр», ООО «Московское отделение ЦКТИ» и ассоциацией «Цифровые инновации в машиностроении», обсуждали первоочередные задачи в области цифровой трансформации и создании умных производств в станкостроении и металлообработке.

Ассоциация развития аддитивных технологий представила на выставке «Металлообработка-2023» коллективный стенд и провела ряд важных мероприятий.

В рамках деловой программы выставки состоялись:

- **конференция «Промышленная роботизация»**. Организаторы: АО «Экспоцентр», Национальная ассоциация участников рынка робототехники (НАУРР);

- **VII Международная конференция «Индустриальные масла и СОЖ в металлургии, металлообработке и машиностроении – 2023»**. Организатор: ООО «Эр Пи Ай Интернэшнл».

МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2023: ВПЕЧАТЛЕНИЯ С ВЫСТАВКИ

23-я международная специализированная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности» — «Металлообработка-2023» прошла в ЦВК «Экспоцентр» с 22 по 26 мая, подтвердив статус ведущей отраслевой выставки. По сообщению организаторов, по количеству участников выставка вернулась на допандемийный уровень 2019 года. В два раза увеличилось количество участников из Китая (около 300 компаний), увеличилось количество участников из Республики Беларусь, Турции и Индии. Были представлены 10 коллективных экспозиций российских регионов. Большую актуальность приобрели темы импортозамещения и сервисного обслуживания. Особым вниманием пользовались разделы по аддитивным технологиям, сварке, обработке поверхностей, робототехнике, смазочным материалам.

СТАНКИ

Экспозиция выставки этого года во многом претерпела изменения, но вопреки опасениям было представлено довольно много разнопланового оборудования как отечественного, так и зарубежного производства. Высокая загруженность отечественных производителей станкоинструментальной продукции и вытекающая необходимость расширения производства заставляют их сейчас больше думать про штуки, чем про новинки. Тем не менее на выставке были представлены новые модели, в разработке которых особое внимание было уделено импортозамещению комплектующих.

Станкостроительная компания «СТАН» впервые представила новые станки с ЧПУ: «СТШ ЭКО» для шлифования алмазными кругами твердосплавных пластин, применяемых в инструментальной промышленности, и высокоточный 1000VBFL для изготовления сложных деталей, например, турбинных лопаток газотурбинных двигателей (допустимая погрешность — не более 5 мкм). Кроме того, демонстрировалась одна из наиболее востребованных моделей — станок с ЧПУ 1750F-2D-2 для изготовления тел вращения со сложной геометрией (**рис. 1**).

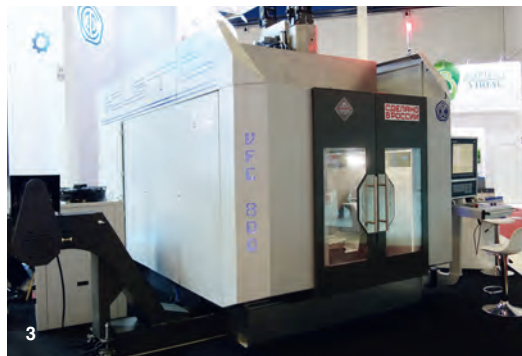
«ВНИИИНСТРУМЕНТ» показал свою новую разработку — опытный образец ультрапрецизионного токарного станка модели УТС-300 с системой ЧПУ «Мехатроника», который предназначен для выполнения операций по токарной и фрезерной обработке металлов, включая твердые сплавы и изготовление режущего инструмента (**рис. 2**). Разработка основана на принципе модульности, имеет жесткую и термостабильную конструкцию, что позволяет обеспечить микронные точности обработки.

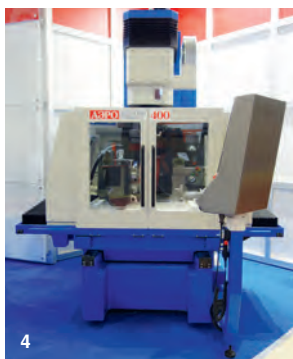
Новый пятиосевой вертикальный фрезерный обрабатывающий центр производства ЮЗТС, созданный практически полностью из российских компонентов (уровень локализации — 95%), также был оснащен СЧПУ «Мехатроника» и встраиваемыми поворотными двигателями производства ООО «Рухсервомотор» (Беларусь) — **рис. 3**.

Компания «СтанкоМашСтрой» представила новинку — токарный станок серии СТ16А18 с ЧПУ. Это результат совместной работы инженеров из Пензы и ученых МГТУ «СТАНКИН». Оборудование состоит из отечественных компонентов, включая СЧПУ «АксиОМА Контрол» с сенсорным мультитач-интерфейсом. Другая новая разработка компании — вертикальный обрабатывающий центр VTM 3, предназначенный для различного рода операций, в т.ч. повышенной и высокой точности.

Липецкое станкостроительное предприятие показало новую модель плоскошлифовального станка ЛШ722. Его особенности: модульная конструкция, линейный двигатель с продольным перемещением стола, линейные направляющие качения. Данный станок предназначен для шлифования периферией и торцом круга плоских и фасонных поверхностей заготовок из магнитных и немагнитных материалов с высокими требованиями к шероховатости и геометрии.

Отечественное металлорежущее оборудование также представляли: «Стан-Самара» (вертикальный координатно-расточный станок особо высокой точности СКР 400М с автоматической сменой инструмента — **рис. 4**), Станкозавод «ТБС» (горизонтально-расточный станок 2В622Ф4), станкостроительный завод «Саста» (фрезерный обрабатывающий центр ММ800, трубонарезной станок с ЧПУ CF983С10Ф3, токарно-фрезерные обрабатывающие центры НТ700С18Ф4, НТ500С10Ф4 с осью Y и противощпинделем, НТ250С05Ф4 с осью Y), «СТП-Саста» (токарный трубонарезной станок с ЧПУ СА800С10Ф3К), Коломенский механический завод (зубодолбежный станок с ЧПУ КМЗ-5155Ф3 — **рис. 5**), «СтанкоМашКомплекс» (пятиосевой вертикальный обрабатывающий центр FIVE400 с полноценным поворотным столом, вертикальный ОЦ ФС110МФ4, высокоскоростной токарно-фрезерный центр ТС1720Ф4, токарный станок ТС1620Ф3), Липецкий станкозавод «Возрождение» (высокоточный плоскошлифовальный станок ЗЛ722В) и др.





Компания «Современные литейные технологии» под новым брендом SLT, который развивает с прошлого года, показала 5-осевой вертикальный фрезерный ОЦ SLT HSC650 Linear. Под брендом SLT выпускается линейка металлообрабатывающего оборудования, включающая в себя 13 групп.

Премьерой НПК «Дельта-Тест» стал прототип электроэрозионного 5-координатного проволочно-вырезного станка модели ARTA eCut 400 на базе системы управления нового поколения ARTA-x.11 и линейных двигателей по осям X, Y (рис. 6). Также демонстрировались: ультрапрецизионный проволочно-вырезной комплекс ARTA eCut 600 с системой автозаправки электрода и возможностью обработки крупногабаритных деталей (перемещения по осям X, Y — 600×400 мм) и «свежая» версия популярной 3-осевой супердрели ARTA eDrill 10.

В экспозиции завода АО «Кубаньжелдормаш» можно было увидеть гильотинные электромеханические ножницы серии НГМ для резки листового и профильного материала (рис. 7); обдирочно-шлифовальный станок ЗМ636 для первичной обработки литейных заготовок из чугуна и стали.

Компания BEAVER привезла на выставку компактные производственные фрезерные обрабатывающие центры со станиной из синтетического диабаз BEAVERMILL. Панорамное остекление и бестеневое освещение позволяют наблюдать за обработкой с различных точек. По мнению разработчиков, оборудование идеально подходит для изготовления прототипов.

Компания JET показала универсальные станки для работы в инструментальных, ремонтно-механических цехах и на заготовительных участках (рис. 8). Предлагаемое оборудование позволяет легко изготавливать запасные части и комплектующие, которые стали малодоступными в связи с санкциями.

Станки V-BEND производства «Промет» — это первые листогибочные прессы от российского производителя (рис. 9). Преимущество данного оборудования — полная электризация, что позволяет обеспечить максимальную точность и высокую повторяемость.

Компания «ПРЕССМАШ» представила на выставке два прессы: гидравлический с-образный усилием 160 тонн и гидравлический рамноколонный пресс новой конструкции усилием 100 тонн (рис. 10).

Зарубежное оборудование в большинстве своем было китайского производства и представлялось в том числе на обширных экспозициях дилеров. Так, фирма «КАМИ» на выставочных стендах площадью около 1000 м² демонстрировала более 20 металлообрабатывающих станков китайского и корейского производства, больше половины из них для тяжелого машиностроения. На рис. 11 — пятиосевой обрабатывающий центр с ЧПУ EXCITECH SPRINT X5 для обработки модельного пластика, композитных материалов и др.

На стенде корпорации «Пумори» были представлены: токарный станок с ЧПУ фирмы HEADMAN (рис. 12) и фрезерный станок с ЧПУ фирмы PRIMINER (КНР), высокоточный плоскошлифовальный станок DNR с ЧПУ фирмы Dener (Турция), индийские станки компании AMG (Act Micromatic Group): высокоточный компактный вертикально-фрезерный ОЦ 540 V AMS с точностью позиционирования 0,01 мм, токарный ОЦ с



ЧПУ модели ЛТ 200 для выполнения полного цикла токарной обработки деталей типа тел вращения.

Новинки на стенде компании «МОССклад» — токарный станок CLS-20 с ЧПУ Fanuc Oi с наклонной станиной; вертикальный фрезерный обрабатывающий центр VDLS850 производства DMTG (КНР).

Новинка «Уральской станочной компании» — токарно-фрезерный обрабатывающий центр для производства лопастей NVM-630T (КНР). Станок в основном используется для эффективной и точной обработки лопаток турбин (авиационные двигатели и газовые турбины).

Особенно хочется отметить экспозицию промышленной группы «ВЕКПРОМ», которая была представлена на 6 тематических стендах (!) в разных павильонах и включала более 50 единиц оборудования. Здесь демонстрировались металлообрабатывающее оборудование, инструмент и оснастка от ведущих компаний-производителей из Китая и Турции, а также собственные разработки группы «ВЕКПРОМ» — обрабатывающие центры бренда EIZN, системы автоматизации сварочных процессов, лазерное оборудование TOKAGAMA.

Белорусское станочное оборудование представляли «Гомельский завод станков и узлов» (токарный станок с ЧПУ 16ГС25ФЗС8ГНАКТ), станкозавод «Красный борец» (шлифовальный центр с ЧПУ ОШЦ-50), «Рухсервомотор» (станок лазерной резки LaserCUT-3015-4) и др.

И еще пара решений, которые привлекали внимание посетителей.

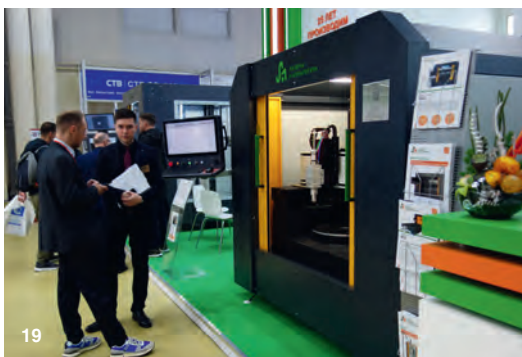
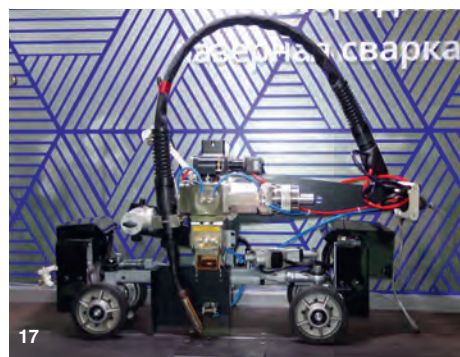
Центр эффективных решений ЦЭПР на выставке показал много-станочную станцию мониторинга и оптимизации параметров СОЖ — ACM 4.0 (рис. 13). Подобная система позволяет соблюдать правильные режимы эксплуатации, не допускать критичных перегрузок на узлы и механизмы, минимизировать последствия аварийных ситуаций, осуществлять оперативную безразборную диагностику оборудования. Комплектация возможна в одно- и многостаночном вариантах. Все данные телеметрии установки хранятся в базе данных.

Компанией «Дробемет инжиниринг» демонстрировалось оборудование собственного производства в виде проходного дробемета (рис. 14). Оборудование подходит для очистки таких изделий, как швеллер, двутавр, труба и т.д.



Высокоточный фрезерный 5-осевой ОЦ SLT HSC650 Linear, представленный на выставке компанией «Современные литейные технологии», привлек внимание производителей своими функциональными возможностями. Для перемещения по линейным осям X и Y в станках серии HSC используются линейные двигатели. При этом станок может производить непрерывную 5-осевую обработку. Диаметр рабочего стола 650 мм, нагрузка на стол — 800 кг. Модель, представленная на выставке, оснащена системой ЧПУ HEIDENHAIN. ООО «СЛТ» на рынке инжиниринговых услуг более 11 лет. С 2021 года компания предлагает линейку высокоточного металлообрабатывающего оборудования под собственным брендом SLT. Параллельно предприятие активно развивает складскую программу, и ряд моделей станков доступны для оперативной отгрузки со склада в Московской области.

www.sltgroup.ru
(495) 846-78-36



ЛАЗЕРНОЕ И ПЛАЗМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Лазерное оборудование, согласно выставочному путеводителю, демонстрировали на выставке порядка 60 компаний.

Особо хотелось бы отметить непрерывный волоконный лазер YLS мощностью 40 кВт компании НТО «ИРЭ-Полюс» (корпорация IPG Photonics), производство которого теперь локализовано в подмосковном Фрязино, и лазерный комплекс резки листового металла Unimach LC Ultra производства компании «Морсвязьавтоматика» с лазерным источником НТО «ИРЭ-Полюс» мощностью 30 кВт (!), который на выставке был показан в действии (рис. 15).

Также на стенде НТО «ИРЭ-Полюс» была представлена автоматизированная система для лазерной обработки труб FL-CPM большого диаметра (рис. 16). А новинкой стала мобильная система передвижения волоконного лазера мощностью 5–30 кВт LWT-10000 для осуществления лазерно-дуговой сварки, позволяющая сваривать металлы до 20 мм за один проход со скоростью 0,1–3 м/мин (рис. 17). Автоматизированный процесс дает возможность получить сварные соединения большой длины с минимумом деформации. Управление осуществляется с помощью пульта.

Новая система «Лазерного центра» — система turboforma — уникальный лазерный комплекс для создания объемных изделий из металла по технологии лазерной эрозионной обработки LaserBarking (рис. 18).

ГК «Лазеры и аппаратура» показала на выставке машину пятикоординатной лазерной резки, сварки и наплавки проволокой ЛТСК-QCW; машину лазерной маркировки и гравировки МЛП2-С и машину для лазерной прецизионной резки МЛП35 (рис. 19). Все ключевые компоненты производятся самостоятельно. В последнее время компания сфокусировалась на пятикоординатных системах и системах высокоточной обработки, а также собственных системах ЧПУ и элементной базы — двигателях, лазерных головках, модулях машинного зрения. Это обеспечило существенное продвижение в области максимально технологичных применений.

Также лазерные решения для обработки материалов демонстрировались компаниями Lassard (лазерные комплексы для резки листовых материалов, пятикоординатный лазерный станок Smart 5B), Sekirus (лазерный труборез с 3D-поворотной головой 45° SEKIRUS средней серии: «ПАТРОН» 350X350 мм, мощность лазера 6 000 Вт), «Термолазер» (опытные образцы мобильных роботизированных комплексов для термоупрочнения и наплавки), Challenger (раскройный станок мощностью 3 кВт на усиленной станине), «МОССклад» (новинка — лазерный станок LF4020C с источником 6 кВт от известного производителя лазерного оборудования GWEIKE) и др.

Компания Han's Laser (KHP) впервые представила высокопроизводительную модель лазерного раскройного комплекса G3015HF с источником 12 кВт, обновленную модель 2023 г. лазерного трубореза серии T6033D, 3 кВт, а также компактный лазерный аппарат «3 в 1»: сварка, очистка, резка. Кроме лазерного оборудования Han's Laser продемонстрировала на своем стенде решение для экономии занимаемой площади в виде антресоли, разместив на ней все дополнительное оборудование, необходимое для работы станков (рис. 20).



Компания «ЛЛС» показала высокопроизводительный станок лазерной резки премиум-класса MARVEL PRO (КНР). MARVEL PRO — это качественные комплектующие от мировых производителей (Германия, Япония, Франция), наличие сменного стола и усиленная цельносварная станина. На стенде «ЛЛС» также демонстрировались: система ручной лазерной сварки LightWELD 1500 и новая система ручной лазерной очистки LightCLEAN от IPG (НТО «ИРЭ-Полюс»), установка лазерной очистки HP-200 от HGTECH (КНР), система УФ лазерной маркировки с конвейером от HGTECH (КНР), оборудование для лазерной обработки материалов от российского производителя NordLase (рис. 21).

На стенде компании «Интеллектуальные Робот Системы» также были показаны современные станки для лазерной резки металла (рис. 22) и системы ручной лазерной сварки и очистки, которые обеспечивают высокое качество и надежность соединения металлических деталей.

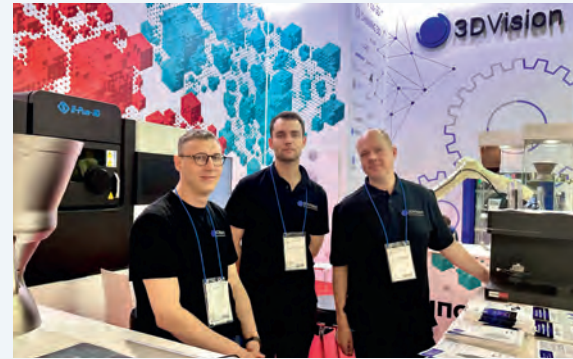
Оборудование плазменной резки было представлено скромнее. Производство комплексов плазменной резки «Енисей» реализуется в рамках направления автоматизации термической резки компании «ИТС-Сибирь». Машины плазменной резки были показаны на стендах компаний «Гиперплазма», «ВЕКТОР ГРУПП» и др.

Если говорить о сварочной технологии, то массовое предложение было по лазерному оборудованию (в путеводителе заявлены 35 компаний), но были представлены и дуговое оборудование, и материалы, 23 компании заявили услуги по автоматизации сварочных работ.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

В рамках выставки «Металлообработка-2023» СПбГМТУ совместно с компанией «Русатом — Аддитивные технологии» провели презентацию самого большого в России 3D-принтера (рис. 23), работающего по технологии прямого лазерного выращивания (ПЛВ/DMD). Впервые на этом оборудовании был изготовлен фрагмент выгородки внутрикорпусного устройства энергетического ядерного реактора оптимизированной конструкции высотой 1 м с применением двух непрерывно работающих технологических инструментов установки ПЛВ.

На выставке был представлен и самый крупногабаритный российский 3D-принтер, работающий по технологии гранулярной печати поли-



3D Vision много лет участвует в выставке «Металлообработка» и каждый раз старается удивить посетителей новинками. Одной из самых интересных является промышленный 3D-принтер E-Plus 3D EP-M260, печатающий различными металлическими сплавами. Оборудование идеально подходит для мелкосерийного производства деталей среднего размера. Также на стенде был представлен профессиональный 3D-сканер Shining 3D FreeScan UEPro, который объединяет в себе сканирование и фотограмметрию. Наконец, компания Objectronics представила промышленную FDM-установку F300 с рабочей зоной 300×300×300 мм и термостатической камерой с подогревом до 130°C для печати инженерными пластиками. Все эти новинки позволяют ускорить производственный процесс и повысить качество продукции.

mail@3dvision.su (отдел услуг)
 info@3dvision.su (отдел продаж)
 8 (800) 333-07-58
<https://3dvision.su>



мерами, F2 Gigantry (**рис. 24**) — прорыв в оперативном и экономичном создании деталей: оснастки для выкладки полимерных композиционных материалов, пресс-форм и пуансонов, форм для литья в ХТС. 3D-принтер F2 Gigantry способен напечатать оснастку сложной геометрической формы всего за несколько часов. Оборудование демонстрировалось на стенде официального дистрибьютора — компании «ИННФОКУС». Рабочая область представленного на выставке образца 3,5*1,8*1,5 м с производительностью печати до 10 кг/ч. Рабочую область принтера можно увеличить по требованиям заказчика. Оборудование включено в реестр Минпромторга РФ по ПП 719.

На стенде компании «Инкор» демонстрировали 3D-принтер Pro M — оборудование для гибридного аддитивного производства, уже год продвигаемое под брендом xWeld.

Компания «Онсинт» представила промышленные SLS-принтеры SM200 и SM300 (**рис. 25**), отличающиеся областью построения и производительностью, а также новое направление своей деятельности — линейку SLM-принтеров, показав на стенде машину AM150, способную изготавливать изделия из стали, алюминия и титана в инертной среде.

SLM-оборудование демонстрировали и другие отечественные производители: «Лазерные системы» (промышленная установка M250); 3DLAM (установка 3DLAM Mini, **рис. 27**); 3DSLА (RussianSLM@FACTORY, **рис. 26**) и др. На стенде компании «Диполь» можно было увидеть 3D-принтер EPlus-3D® китайского производства.

HBD — один из перспективных производителей, недавно пополнивших продуктовый портфель iQB Technologies. Компания занимает второе место на рынке Китая в сегменте SLM-печати и предлагает широкую линейку принтеров.

FDM-принтеры также были показаны как отечественными производителями: Total Z (компактный 3D-принтер G5 для промышленной печати высокотемпературными материалами и промышленные 3D-принтеры Anyform 500PRO и 950PRO), Imprinta (принтеры Hercules G3 и G4), Stereotech (пятиосевые FDM 3D-принтеры, **рис. 28**), так и дилерами зарубежного оборудования. Так, компания Z-axis впервые продемонстрировала флагманский широкоформатный FDM-3D-принтер Funmat Pro 610HT компании INTAMSYS TECHNOLOGIES (КНР) с высокотемпературной камерой (нагрев до 300 °С) для 3D-печати (**рис. 29**) всеми видами инженерных пластиков, включая PEEK и ULTEM. На стенде ГК НПО «ЗД-Интеграция» был показан 3D-принтер Plocreat G12 (КНР) для печати с использованием пластиковых гранул.

На выставке была представлена и технология струйно-порошковой 3D-печати (Binger Jetting). На стенде группы компаний ГК НПО «ЗД-Интеграция» показывали машину FHGL 450 (КНР, **рис. 30**), которая позволяет производить литейные формы без оснастки. В этом году компания FHGL представила новую линейку оборудования, которая является самым производительным оборудованием в мире и в 3 раза быстрее ближайших аналогов. В июле этого года сборка отдельных моделей оборудования FHGL начинается в России. На стенде Top 3D Group демонстрировали отечественный промышленный 3D-принтер для печати литейных форм отечественной компании Robotech. А ZIAS Machinery — российский завод, выпускающий 3D-принтеры, работающие по технологии Binger Jetting, демонстрировал образцы крупногабаритной печати песчаных форм.

Также хотелось бы отметить, что на стенде НПО «ЗД-Интеграция» был показан 3D-принтер C-136 для печати керамическими материалами и были представлены интересные образцы, выполненные по технологии MBJ (Metal Binder Jetting, **рис. 31**). MBJ-технология сейчас привлекает широкое внимание, поскольку позволяет получать преимущества в стоимости и эффективности при серийном производстве металлических изделий для 3D-печати.

Нельзя обойти вниманием материалы. На стенде ООО «РЭК» были представлены филаменты и порошки для SLM-печати, а также новая линейка гранулированных материалов Printaform для крупноформатной экструзионной FGF 3D-печати.





РОБОТЫ

Данный раздел по роботам и роботизированным решениям подготовлен с помощью ассоциации НАУРР, члены которой приняли активное участие в выставке и конференции «Промышленная роботизация», организованной НАУРР в четвертый раз.

Первый в России производитель серийных коллаборативных роботов компания «РобоПро» представила на выставке робота новейшего поколения RC10 грузоподъемностью 10 кг и рабочим радиусом 1300 мм (рис. 32) — безопасный и легко программируемый манипулятор для выполнения широкого круга задач: от сварочных работ до обслуживания станков с ЧПУ и укладки товара на палеты. На стенде «РобоПро» были продемонстрированы сервомоторы и бесколлекторные двигатели, а также комплексное решение с использованием коллаборативного робота — полностью автоматизированное кафе Rozum Café, предназначенное для установки в торговых центрах, аэропортах, вокзалах, где робот варит вкусный кофе 24/7.

На стенде «Робовизард» были не только роботы: промышленные роботы Kawasaki (рис. 33) и коллаборативные роботы ROKAE, но робототехнические решения партнеров: уникальные разработки Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого в области технологий наплавки и сварки трением с перемешиванием, мобильная сварочная ячейка на базе коллаборативного робота от COBOTRON, доступное интеллектуальное техническое зрение, интегрированное с роботом для bin picking от Skilltellect на базе нейронных сетей, которое существенно снижает требования к камере и компьютеру.

Компания «ВЕКТОР ГРУПП» продемонстрировала оборудование для сварки, металлообработки и автоматизации производства (рис. 34): станок лазерной резки металла, зачистной станок для обработки деталей после плазменной, лазерной резки, пробивки и т.п., роботизированную сварочную ячейку, сборочно-сварочные системы, сварочные аппараты, оборудование для приварки крепежа и машины контактной сварки.

Компания TECHNORED представила отечественные разработки по сварке, загрузке станков с ЧПУ и палетизации (рис. 35): роботизированный оператор станков REDLOAD; абсолютно новое решение по паллетированию/укладке для участка упаковки и паллетизации REDCARGO (высота поддонов может достигать 2 метров).

На стенде компании CRP Automation Russia (рис. 36) можно было увидеть решения в области роботизации производства: роботизированную ячейку для MIG/MAG-сварки мебели; решение для лазерной сварки; промышленного робота для TIG-сварки кольцевого шва с использованием позиционера; промышленного робота со шпинделем для сверления; компактный манипулятор с захватом для обслуживания станков; 4-осевого робота-паллетайзера; покрасочного робота. Совместно с командой Norgau Russland был продемонстрирован роботизированный измерительный комплекс RMC Norgau (рис. 37). На стенде робот CRP RA 18-25 определял детали по штрих-коду, визуально определял брак (предварительная отбраковка) и устанавливал детали на контрольно-измерительную машину на отбраковку (точность измерений 0,001 мм).



На стенде компании InKraft были показаны две роботизированные ячейки: первая на базе робота Fanuc, оснащенного двухосевым позиционером грузоподъемностью 500 кг, сварочным оборудованием компанией Fronius и лазерным дальномером, разработанным InKraft; вторая — на базе робота компании Estun, оснащенная сварочным оборудованием компании Estun и сварочной горелкой водяного охлаждения компании Abicor Binzel.

ООО «Авиатех» также представило демоверсии роботизированных ячеек (рис. 38). Первая — гибочная ячейка в составе робота, гравитационного стола, вакуумного захвата, гибочного станка с ЧПУ и системы управления. В процессе автоматизированного цикла робот осуществляет захват заготовок с накопителя при помощи вакуумного захвата разработки «Авиатех». Гибка осуществляется гибочным прессом синхронно за счет общей системы управления. Вторая демоверсия — роботизированная ячейка для механической обработки заготовок. Такие РТК оснащены двумя станциями загрузки и выгрузки, что позволяет обеспечить параллельную загрузку во время работы комплекса. В процессе робот в автоматическом режиме проводит переналадку за счет магазина смены инструментов, разработанного компанией «Авиатех». В РТК устанавливается датчик контроля износа инструмента. Возможен автоматизированный контроль.

Компания «Тесвел» является официальным дистрибьютором китайского производителя Dobot. Роботы серии CR легко адаптируются для выполнения различных производственных процессов, а для управления ими достаточно скачать приложение из Google Play или App Store. На выставке были представлены роботизированные технологические комплексы (РТК): для пайки плат на базе робота Dobot CR16, для нанесения герметика на базе робота Dobot CR10, для сортировки объектов на базе робота Dobot CR5SS с техническим зрением и технологией безопасности SafeSkin, для сварки на базе робота Dobot CR10, для маркировки печатных плат на базе робота Dobot M1 Pro, а также робот Dobot MG400, раздававший визитки (рис. 39).

Были и другие интересные экспонаты и решения. Компания White Robot показала пять промышленных роботов (два сварочных робота с досягаемостью 2 метра, два промышленных робота для загрузки и выгрузки станков и коллаборативного робота, рис. 40); Top 3D Group (рис. 41) — коллаборативного робота Jaka Zu 12 — устройство для замены тяжелой ручной погрузочно-разгрузочной работы, а также робота Кика KR 3-R540 — скоростную миниатюрную модель для работы в ограниченном пространстве; «АВЕА-Технолджи» — системы нулевого позиционирования, позволяющие существенно сократить время на переоснастку станка; «Эйдос-Робототехника» — сферического робота A12-1450, который в рамках коллективного стенда Минпромторга выполнял приветственную программу, WeldExpert — роботизированную ячейку с двумя роботами для подачи и сварки детали (рис. 42); компания «СофПол» — роботизированную систему Kaiherda kr1440 (рис. 43) с источником на 350А (китайский робот по японским технологиям Yaskawa имитировал на выставке сварку по кругу рым-болтов); Smart Mechanical Devices — промышленных роботов GSK (КНР, рис. 44) и др.

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ

Использование отечественных станочных комплектующих является актуальной задачей, которая стоит не первый год и вышла на новый уровень с уходом зарубежных компаний, которые позволяли использовать лучшие мировые решения. Это отчасти позволило российским производителям, имеющим задел, ускоренно развиваться и демонстрировать значительные успехи.

На выставке присутствовало большинство производителей отечественных СЧПУ: «Балт-Систем» (УЧПУ NC-400 — новейшая система ЧПУ 400-й серии, рис. 45), «МодмашСофт» (СЧПУ FMS-3500 и FMS-3600 — для 5-осевой обработки, компактные СЧПУ FMS-3300





и FMS-3400, **рис. 46**), НПП «Мехатроника» (СЧПУ МСР19Е, МСР12Е МСР15Е), «ИЖПРЭСТ» (УЧПУ «Маяк»), МГТУ «Станкин» (СЧПУ «АксиОМА Контрол»), «КоСПА» (системы управления для управления приводами до 5 осей и электроавтоматикой станков) и др.

СКБ ИС серийно выпускает широкую номенклатуру современных преобразователей (датчиков, энкодеров) угловых и линейных перемещений, устройства цифровой индикации, платы сопряжения и другие изделия, которые и демонстрировались на выставке (**рис. 47**).

Фирма «ПИМЕК» производит и поставляет широкую гамму моторшпинделей, электрошпинделей и шпинделей для различных видов обработки: фрезерные, шлифовальные и специальные (**рис. 48**).

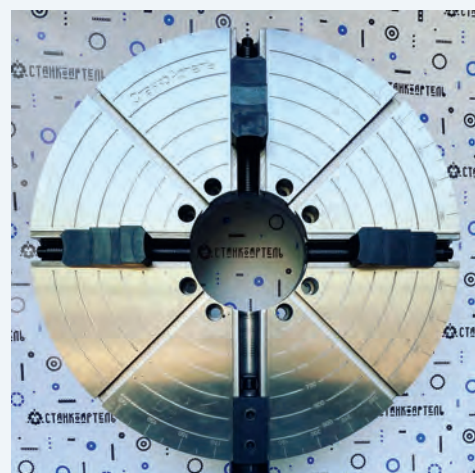
Среди номенклатуры компании «Приводная техника»: редукторы и мотор-редукторы; высокоточная механика и линейные системы; планетарные редукторы; преобразователи частоты и электродвигатели; программируемые контроллеры; электро- и гидравлические лебедки; зубчатые передачи; муфты, приводная механика и др.

ПТЦ «Вектор» демонстрировал вакуумные столы собственного производства для прижима заготовок.

На стенде ПКФ «СтанкоАртель» были представлены запасные части для металлообрабатывающего оборудования, в том числе для токарно-винторезных и трубонарезных станков, специализированных станков для проточки колесных пар, револьверных головок, запасные части из раздела «импортозамещение».

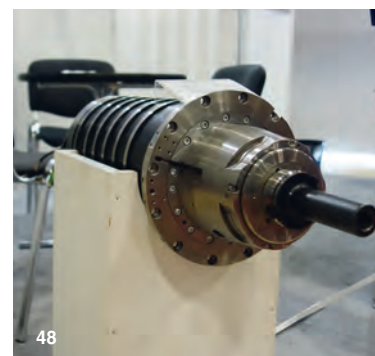
Комплектующие предлагались на стендах целого ряда белорусских компаний: «Рухсервомотор» (компоненты для систем электропривода прямого действия), «БелТАПАЗ» (самоцентрирующие и поводковые токарные патроны), Гомельский литейный завод «Центролит» (литые заготовки деталей из серого и высокопрочного чугуна), БЗСП (токарные патроны с ручным и механизированным зажимом) и др.

Среди поставщиков зарубежных комплектующих: «КЕВ-РУС» (СЧПУ с приводами, двигателями и др.), «АПЕКС-ЭКВИП» (револьверные головки, многофункциональные модули для токарных станков и обрабатывающих центров, редукторы, конвейеры и др.), ТД «Антриб» (линейные направляющие, шарико-винтовые передачи, мотор-редукторы, линейные приводы MECVEL и HIWIN; опоры и виброопоры), «ОСНАСТИК» (станочная оснастка и зажимные приспособления); «Ивтехсервис» (инструментальные магазины индийской фирмы PRAGATI), KLEMENT (изготовление базовых деталей станка из минерального литья) и др.



Среди широкого перечня запасных частей для токарно-винторезных, трубонарезных и колесотокарных станков, представленного ООО ПКФ «СтанкоАртель» на выставке «Металлообработка-2023», особое место в экспозиции и внимание со стороны посетителей получил токарный патрон диаметром 1000 мм (для станков мод. 1Н65, 1М65, РТ117, РТ317, ДИП500, 165). Это патрон производства ПКФ «СтанкоАртель», главным преимуществом которого является стальной корпус (Ст 35Л). Наличие собственного модельного комплекта для отливки корпуса патрона позволяет сократить срок производства и гарантировать нужный объем и качество выпуска. Кроме того, для этого патрона ПКФ «СтанкоАртель» разработана и внедрена дополнительная система крепления заготовок — «мастер-кулачок/кулачок», расширяющая возможности обработки на данном патроне.

ООО ПКФ «СтанкоАртель»
www.stankoartel.com
info@stankoartel.com
 тел.:+7(4912)46-33-97



ИЗМЕНЕНИЯ, КОНТРОЛЬ

Тема реверс-инжиниринга становится все более востребованной на промышленных предприятиях, а 3D-сканеры — все более распространенными устройствами. Есть спрос — есть и предложение.

В экспозиция iQB Lab под девизом «От сканирования до производства» демонстрировали сразу несколько 3D-сканеров. ZG HyperScan Plus — ручной лазерный 3D-сканер с интеллектуальным оптическим трекером китайской компании ZG Technology (представлен в России впервые); ZG AtlaScan — универсальное лазерное устройство 3D-измерений метрологического класса и первый в мире сканер с функцией захвата отверстий; RangeVision PRO — доступный профессиональный оптический 3D-сканер российского производителя; EPiC EasyScan T10 — лазерный сканер китайского производителя для решения базовых задач в области геодезических 3D-измерений; Trimble X7 — компактный наземный лазерный 3D-сканер (США) с повышенным удобством работы в поле. Также на стенде можно было ознакомиться с необходимыми для реверс-инжиниринга и 3D-печати программными продуктами.

На стенде ООО «НПО 3D-Интеграция» показывали следующие сканирующие устройства: оптические измерительные системы производства компании ScanTech; ручной 3D-сканер KSCAN Magic; систему трекер и сканер для 3D-сканирования без маркеров TrackScan P550; 3D-сканер SIMSCAN 30; 3D-сканер SIMSCAN 42; сканирующий в цвете сканер iReal 2E; систему для проведения высокоточных контактных измерений TrackProbe.

Сканеры были также представлены на стендах компании «Диполь» (3D-сканеры Shining3D® — КНР); отечественной компании «РВ 3Д Технологии» (несколько моделей с собственным программным обеспечением RV 3D Studio, **рис. 49**), отечественной компании «Сканформ» (ручные 3D-сканеры, по заверениям разработчиков, первая серийная модель Scanform L5 по своим характеристикам обходит многие более дорогие модели конкурентов, **рис. 50**).

На выставке можно было ознакомиться и с другими средствами измерения и контроля.

Компания M-Solution показала новые координатно-измерительные машины, контурографы. КИМ серии AGAT мостовой конструкции предназначены для измерений крупногабаритных деталей.

Компания «Сонатек» представила оборудование для промышленной линейно-угловой метрологии от ведущих мировых производителей: координатно-измерительные машины MEZORIX модели ATLAS C; измерительные руки Tomelleri Engineering с лазерным сканером SCANSURF; видеоизмерительные системы MEZORIX модели PARAGON M; контурографы-профилометры MEZORIX модели CONTURIX SP3.

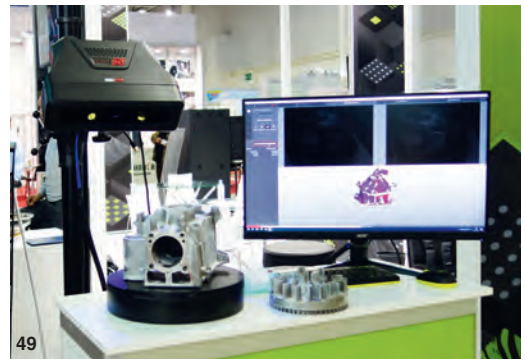
На стенде компании «Остек-АртТул» демонстрировалась работа контрольно-измерительного оборудования, включающего: системы бесконтактных измерений; эмиссионметры; растровый электронный микроскоп (**рис. 51**); оптико-эмиссионный спектрометр, портативный лазерный эмиссионный спектрометр и др.

Неизменный участник выставки — компания «Лапик», производящая широкую линейку шестиосевых КИМ с максимальным перемещением по осям X/Y/Z от 750/650/470 до 1400/3000/1000 мм.

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

На выставке присутствовало большинство отечественных инструментальных предприятий.

ООО «СКИФ-М» ежегодно представляет новые разработки фрезерного инструмента. В этот раз были представлены: образцы монолитного фрезерного инструмента (елочные фрезы) для обработки замка турбинной лопатки, а также серия монолитных сверл и фрез для обработки деталей из жаропрочных сталей и труднообрабатываемых материалов, которые используются на предприятиях авиастроительной отрасли. Дополнительно на стенде были показаны основные линейки фрезерного инструмента со сменными твердосплавными пластинами





производства «СКИФ-М». Была выделена отдельная витрина по специальному инструменту со сменными твердосплавными пластинами.

На стенде ООО «Вириал» прежде всего обратили внимание на новую разработку — стержни с прямыми и винтовыми каналами под СОЖ — **рис. 52**. Также были представлены фрезерные пластины под сталь, нержавейку, жаропрочные сплавы и титан. Новинкой стали сложно-профильные фрезерные пластины. Демонстрировались пластины из керамики и кубического нитрида бора для токарной обработки закаленных сталей. После обработки такими пластинами не требуется шлифовка. Компания начала выводить на рынок маленькие алмазные круги для внутреннего шлифования. Еще одно активно развивающееся направление — пластины под нужды трубных заводов.

Новая расточная система компании «Пумори», которая будет производиться Уральским заводом инструментальных систем корпорации «Пумори», имеет внешний диаметр патрона 63 мм (**рис. 53**). Его отличие от традиционной расточной системы — более высокая жесткость и исключение люфта при передвижении ползуна. Оператору станка, который настраивает эту расточную систему, не надо ловить выборку люфта. Этим гарантируется более точная настройка.

«Русский инструмент» представил: метчики и раскатники Beltools с износостойким покрытием TiN — новинка; державки резьбонарезные и державки для обработки канавок — новинка; корпуса фрез и токарные державки; твердосплавные токарные и фрезерные пластины; монолитный твердосплавный, а также сверла и развертки; инструмент из быстрорежущей стали; сборные перовые сверла и оправки с подводом СОЖ; специнструмент.

Специалисты ООО «ПО «ИнСистенс» специально к выставке разработали и произвели модульную червячную фрезу М-10 (6 сегментов, 96 пластин, сталь 9HS/40HS, **рис. 54**). Также была представлена линейка специнструмента, включающая восьмизубые фрезы, серию с обнижением и удлиненные фрезы.

На стенде «Кировградского завода твердых сплавов» (КЗТС) особым спросом пользовался монолитный твердосплавный инструмент, особенно фрезы, а также сменные режущие твердосплавные пластины. По данным ассоциации «Станкоинструмент», зависимость по твердым сплавам в России была порядка 90%. И от отечественных предприятий, таких как КЗТС, «Вириал», «Победит» и др., нужно даже не удвоение выпуска режущих пластин, а многократное его увеличение. Из нового на КЗТС начали производить канавочные и отрезные пластины. Сейчас вопрос стоит об увеличении модельного ряда и объема выпуска.

Томский инструментальный завод — это компания по проектированию и производству режущего инструмента для обработки традиционных и перспективных материалов (**рис. 55**). Каталог компании включает инструменты из быстрорежущей стали, цельный твердосплавный инструмент, инструмент со сменными многогранными пластинами, которые используются для обработки широкого спектра стали и сплавов, в т.ч. для мелкоразмерной и высокоскоростной обработки. Завод является единственным российским производителем быстрорежущих сверл.

АО «НИР» привезло в этом году еще больше экспонатов твердосплавного инструмента, демонстрируя новинки и технологические возможности предприятия (**рис. 56**).

CNCINS®
Инструмент и оснастка для станков с ЧПУ

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОСНАСТКА, СТАНКИ

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

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



С учетом новой экономической реальности для посетителей стенда компании были актуальными темы импортозамещения и сервисного обслуживания, ремонта и восстановления инструмента. Большой интерес был вызван к поставкам специального инструмента, метчиков, сменных головок, червячных фрез и пластин.

Компания «Микробор» продемонстрировала как продукты-флагманы, так и новинки ассортимента: сверла с быстросменными головками, фрезерный инструмент high-feed, высокопроизводительные метчики. Запущена линейка канавочного и отрезного инструмента, пластины для железнодорожной отрасли, пластины для тяжелой обработки колес, колесных пар, осей.

Новинкой компании «ИнТех» стала компьютерная система мониторинга и управления производством в режиме реального времени, которая позволяет получить достоверную цифровую картину производства, мгновенно реагировать на отклонения, планировать работу оборудования на предприятии и управлять инструментом. «ИнТех» предлагает инструмент торговой марки «Линтулс», который подойдет для замены ряда зарубежных брендов, ушедших с российского рынка.

Киржачский инструментальный завод для машиностроительных предприятий предлагает резцы по резине (подходят практически для всех пластичных материалов), резцы для торцевых каналов, резцы долбежные для выполнения шпоночных пазов и др.

О развитии робототехники

23 мая 2023 года в Москве в ЦВК «Экспоцентр» в рамках деловой программы выставки «Металлообработка-2023» состоялась конференция «Промышленная роботизация». Повестка включала две сессии, охватывающие важные аспекты промышленной роботизации.

В первой сессии «Актуальные вопросы роботизации станкоинструментальной и металлообрабатывающей отраслей» состоялось обсуждение вопросов импортозамещения и небольшая дискуссия об условиях серийного производства, а также создания и поддержания спроса на промышленную роботизацию.

Ольга Мудрова, исполнительный директор НАУРР, выступила с презентацией «Анализ рынка роботизации металлообрабатывающей отрасли, результаты рейтинга интеграторов» и озвучила как общие, так и более углубленные характеристики роботизации по итогам 2022 года.

Нариман Бегов, начальник отдела развития современных средств производства Департамента станкостроения и тяжелого машиностроения Минпромторга России, остановился на мерах и механизмах государственной поддержки — субсидировании НИОКР и компенсации предоставленной скидки и льготных займов, которые могут получить компании, работающие в сфере робототехники.

Оксана Полянская, руководитель центра «Единое окно», АНО «Союзэкспертиза» ТПП РФ, говорила о практике подготовки документации для получения подтверждения производства промышленной продукции отрасли в соответствии с ПП РФ № 719 для включения изделий в Реестр российской промышленной продукции.

Представители компаний «Эйдос-Робототехника», «РОБОТЕХ», АО «Русатом Сервис» рассказали о своих возможностях, логике подходов к проектам, озвучили ключевые направления деятельности и сегменты спроса на роботизацию в машиностроительной и металлообра-

ГК «РСКИТ» показала новую модель в линейке промышленного вендингового оборудования — инструментальную тумбу «АВАНГАРД».

Инструментальное направление также было представлено большим количеством китайских компаний. По данным путеводителя, наиболее массовое предложение было в области инструмента лезвийного режущего, в т.ч. со сменными пластинами — 94 компании, инструмента твердосплавного цельного — 54 компании. С одной стороны, есть выбор, с другой стороны, огромная конкуренция отечественному производителю.

В заключение хочется отметить, что данный фоторепортаж подтверждает, что на российском рынке станкоинструментальной продукции произошли существенные изменения и по номенклатуре, и по поставщикам. И не все перемены к худшему. Российские компании находят возможности для производственного роста и импортозамещения различных позиций. Дилеры пополнили свои портфели новой продукцией, представляя ее рынку. Большие стенды «Минпромторга» и «Станкопрома» с новым российским оборудованием говорят о внимании государства к отрасли. Нельзя не отметить насыщенную деловую программу, которая способствовала обмену опытом, выработке решений в рамках непростой экономической ситуации, продвижению инноваций и консолидации компаний в решении проектов.



тывающей отраслях, показали преимущества внедрения РТК в производственный процесс. В качестве трендов были отмечены увеличение числа использования коллаборативных роботов и новые области применения роботов в целом.

Во второй части конференции выступили представители компаний «Робовизард», «СофПол», «Робопро», «ЕвроЛюкс Групп — Москва», «Иннодрайв», кластера «Креономика» и эксперт по подготовке производства металлических конструкций Глеб Миклашевский, которые показали задачи и кейсы решений по роботизации. Обсуждаемый круг вопросов затрагивал: барьеры перед предприятиями, которые планируют роботизацию, и возможности для их преодоления; анализ национальных программ развития и модернизации промышленных предприятий; сравнение характеристик роботов разных брендов; направления использования коллаборативных роботов; защиту рабочего пространства для процессов роботизированной сварки; внедрение отечественного ПО для создания цифровых двойников и офлайн программирования РТК металлообработки и др.



Видеозапись конференции «Промышленная роботизация»

РОССИЙСКИЕ ПЯТИКООРДИНАТНЫЕ ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ

Прецизионные станки

СЛП520



Станина – инструментальный гранит.
Линейные и вращательные столы с прямым приводом. Ход рабочего стола по XYZ – 300x300x300 мм. Глобусный стол для поворота и вращения изделия для на $\pm 135^\circ/360^\circ$. Лазеры твердотельные пико- или фемтосекундные, волоконные.

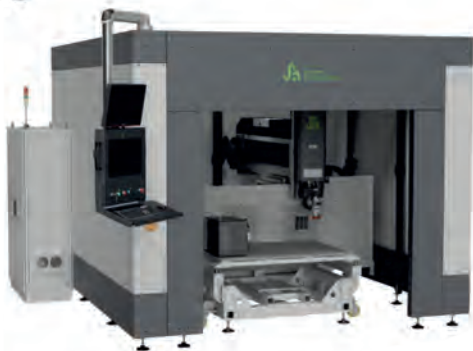
СЛП540



Станина – гранитный портал.
Линейные и вращательные столы с прямым приводом. Ход головки по XYZ – 600x400x400 мм. Глобусный стол с планшайбой, для поворота изделия на $\pm 135^\circ/360^\circ$. Лазер волоконный.

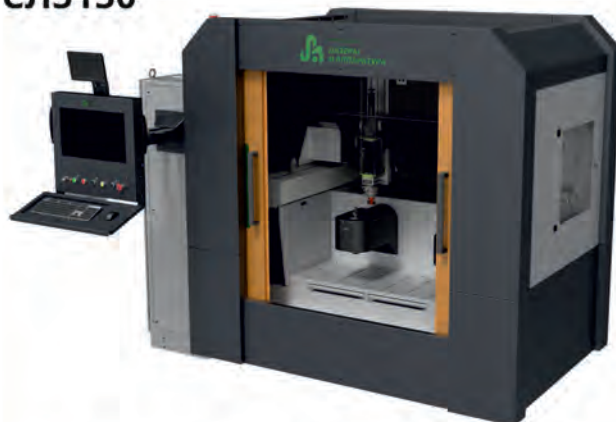
Станки для лазерной обработки крупногабаритных изделий

СЛ580



Стальная сварная станина, консольное исполнение для Y. Оптическая головка с динамическим изменением фокусного расстояния. Кинематическая система – прямой ход рабочего стола по XYZ – 1000(3000)x800x600 мм. Наклон оптической головки 135° , вращение изделия 360° . Лазеры твердотельные пико- или фемтосекундные, волоконные.

СЛ5150



Стальная сварная станина. Исполнение – неподвижный портал. Кинематическая система: линейные и вращательные столы с прямым приводом. Двухосевая рабочая головка $\pm 135^\circ/360^\circ$. Поворотный стол для вращения изделий. Лазеры волоконные.

- Модули машинного зрения в каждой модели
- Прецизионные столы на гранитном или сварном основании
- Российские линейные двигатели собственной разработки и производства
- Точность позиционирования — 2 мкм

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ — КАМЕНЬ ПРЕТКНОВЕНИЯ ДЛЯ ВСЕХ

Практически направленной и весьма актуальной стала конференция «Что выгоднее: отремонтировать металлообрабатывающий станок или купить новый? Рекомендации экспертов». Она была частью деловой программы выставки «Металлообработка-2023». Организаторами конференции выступили АО «Экспоцентр» и ООО «Станки-Экспо».



Открывая конференцию, **Алексей Песков, генеральный директор ООО «Станки-Экспо»**, объяснил внимание к этой теме конференции. Проблемы сегодня есть не только с приобретением станков, но и с их ремонтом из-за недостатка комплектующих изделий.



Хотя в теме конференции значились станки, первым выступил **Игорь Сурков, директор ЗАО «ЧелябНИИконтроль»**, выпускающего измерительные приборы под торговой маркой «ЧИЗ». Основная масса выпускавшихся заводом приборов — с ручным управлением, к тому же они малопроизводительны, рассчитаны на 1–2 параметра. Некоторые приборы уже сняты с производства,

и их не ремонтируют, потому что завод взял курс модернизации на стадии производства новых приборов. На прибор из номенклатуры «навешивают» электронику, прибор становится многопараметрическим, и у него появляются новые функциональные возможности в виде автоматизированной обработки данных.

В номенклатуре завода есть и координатно-измерительные машины (КИМ) для контроля резьбовых поверхностей, зубчатых колес, режущего инструмента, в том числе с ЧПУ. Практика показала, что отремонтировать можно, но цена сопоставима с ценой нового прибора. Проблема качественных компонентов остается острой, а кроме того, за рубежом машины делают уже на станинах из гранита и композитов, что у нас, по словам Игоря Суркова, это пока невозможно.



Эрнест Нагаев, генеральный директор ООО «Ишимбайская станкостроительная группа», подробно рассказал о своем предприятии, которое прежде называлось Ишимбайским ремонтным заводом. В 2020 году компания сделала выбор в пользу капитального ремонта и модернизации тяжелых и универсальных станков и кузнечно-прессового

оборудования, отказавшись от работы с небольшими недорогими станками. Как рассказал Эрнест Нагаев, ремонт дорог, поэтому позволить его себе могут в основном предприятия ОПК, которые составляют около 75% заказчиков.

Александр Журавлев, директор по коммерческим вопросам ОАО «Рязанское станкостроительное объединение», посвятил свой доклад ремонту и модернизации станков токарной группы в современных условиях. Сейчас предприятия сильно загружены работой, поэтому растет



стоимость ремонта и модернизации и их сроки. По мнению Александра Журавлева, сейчас выгоднее ремонтировать и модернизировать станки средней и тяжелой гаммы, потому что ремонт даже станка 16A20 обходится дороже, чем покупка нового станка. Но в принципе — решение за заказчиком, потому что это не только вопрос денег, но и особенностей

внутренней структуры, наличия ремонтных бригад, культуры производства конкретного предприятия. Что касается тяжелых станков, то их однозначно выгодно ремонтировать и модернизировать, при этом комплектующие в основном китайские.



Владимир Кочин, начальник отдела комплектации ООО «Ивтехсервис», рассказал, что компания ремонтирует токарные, токарно-карусельные, фрезерные, расточные, обрабатывающие центры как раз низшей гаммы уровня 16A20 и даже меньше. Представитель ивановского предприятия выразил твердую убежденность в том,

что такие станки тоже можно модернизировать. За решения заказчик голосует рублем и, по словам Владимира Кочина, выбирает модернизацию. При вроде бы похожести отечественный и китайский станок разные, возможности и надежность отечественных станков выше. Существенным считает докладчик, что при модернизации имеющихся станков сохраняется структура производственных площадей, не надо ничего двигать и перемещать. Обслуживающий персонал заказчика получает тот же станок, он знает, как с ним работать. В процессе восстановления станков «Ивтехсервис» использует инструментальные головки и инструментальные магазины индийской фирмы Pragati.

Докладчик афористично закончил свое выступление: «Каждый станок имеет право на модернизацию».

Обращаясь к Владимиру Кочину, модератор конференции Алексей Песков назвал позором, что десятилетиями компании используют импортные комплектующие без попыток освоить их в своей стране. Представитель «Ивтехсервиса» сказал, что и у них попытки были, но от них отказались, потому что свое изделие получалось в 2–3 раза дороже импортного.

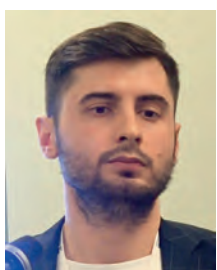
ООО «ИжПРЭСТ» занимается модернизацией всех видов металлообрабатывающего оборудования и выпускает ЧПУ «Маяк», но **начальник конструкторского бюро компании Сергей Бадаш** посвятил свое выступление только раскатным станам. Предприятие осуществляет капитальный ремонт и модернизацию одно-, двух- и трехроликовых раскатных станков в течение 4–11 месяцев, при этом затраты составляют 20–40% цены нового станка. То есть



вопрос, модернизировать станок или покупать новый, в принципе отпадает, тем более что и купить негде.

Раскатные станки выпускались довольно давно, в них был заложен принцип копирования. В процессе модернизации станок переставал быть копировальным благодаря оснащению специальной версией УЧПУ «Маяк», что дало станку новые технологические возможности и, что важно, исключило человеческий фактор.

На смену европейской и американской гидравлике пришла китайская, нареканий к которой у предприятия нет. Часть комплектующих предприятие делает на собственной производственной базе. В результате модернизации станок получает все точностные характеристики нового станка.



Опытом работы **ООО ВСЗ «Техника»** по модернизации импортного оборудования и возможностями предприятия для реализации этого направления деятельности поделился **инженер-конструктор завода Иван Ползунов**. Завод за годы своего существования накопил опыт глубокой модернизации оборудования самых разных производителей.

Именно накопленный опыт привел к смене вектора, и завод перешел от ремонтов и модернизаций к производству станков. В последние два года у предприятия полная загрузка, и заказы на ремонты в принципе не берут, но собственное оборудование для своих нужд, разумеется, ремонтируется. Ремонт за некоторыми исключениями обходится дешевле, но насколько хватит его ресурса, с уверенностью не может сказать никто. Новое оборудование — признак развития, чего нельзя сказать об отремонтированном, но старом оборудовании. Иван Ползунов уверен, что мозговой потенциал, конструкторские таланты надо тратить именно на создание нового. «Пусть новое немного дороже, но это лучше, чем старое», — подытожил свое выступление представитель завода «Техника».



Игорь Лебедев, исполнительный директор ООО «Галика-Сервис», в своем выступлении рассказал об опыте ремонта в условиях санкций.

После ухода с российского рынка компании Galika AG на плечи ООО «Галика-Сервис» легла задача поддерживать в работоспособном состоянии проставленное компанией

оборудование. Серые схемы ввоза оборудования для клиентов «Галика-Сервис» неприемлемы, и сегодня есть три варианта решения проблемы: попробовать ввезти станок того же производителя, что долго, дорого и вообще не факт, что приедет; купить станок-аналог у другого производителя — китайского или индийского; пойти по пути ремонта и восстановления, потому что есть оборудование, которое просто невозможно изъять из технологического процесса. И этот путь выступавшему представляется самым предпочтительным. Например, ремонт станка одного европейского производителя обошелся в 6 млн рублей,

тогда как новый стоит 400 тыс. евро. Однако в ближайшей перспективе Игорь Лебедев видит нарастание проблем с качественными комплектующими, и компания, скорее всего, не сможет производить модернизацию КИМ, чтобы восстановить их полную работоспособность, не говоря уже о придании новых возможностей. И конечно, надо развивать отечественное производство компонентов и электроники. Что касается оборудования простого, вроде трехосевого ЧПУ станка 2002 года выпуска, без линейных приводов, без высокой точности и особых опций, то такие станки надо менять не задумываясь, не тратя время и силы ни на капитальный ремонт, ни на модернизацию. Просто надо покупать отечественные станки, поддерживая это направление.



По мнению **Дмитрия Иванова, директора ООО «Метрологические системы и сервис»**, которая занимается поставками, обслуживанием, ремонтом оборудования индийской компании Accurate, ответ на обсуждаемый вопрос не так однозначен. Иногда альтернативы ремонту нет, поскольку возможности купить новое совсем нет. С очень старым оборудо-

ванием другие проблемы — компонентов для него уже нет. Что касается машин попроще, то европейской точности в 0,5 микрона у китайских производителей нет, но полтора микрона есть, и для 90% промышленности, когда речь идет о производстве, этой точности КИМ вполне достаточно. Собственное производство сегодня нерентабельно, потому что внутренний рынок невелик, и в условиях отсутствия массового производства цена не может быть конкурентоспособной.

Дмитрий Иванов обобщил плюсы и минусы покупки нового оборудования. Из плюсов — отсутствие износа, гарантии производителя, новые технологии, заложенные в оборудование. К минусам отнесены высокие затраты; если такого оборудования не было на предприятии, то необходима отладка технологических процессов и обучение персонала; иногда значительные сроки поставки — 6–12 месяцев. Также были структурированы плюсы и минусы ремонта. По затратам ремонт в большинстве случаев дешевле, меньше время простоя, технологические процессы отлажены, персонал обучен, время на ввод в эксплуатацию минимален. К минусам отнесен износ оборудования, при котором замена одних узлов не предотвращает поломки других узлов, ограниченная гарантия, простой на время ремонта из-за продолжительного времени поставки запчастей, которое сопоставимо со временем поставки нового оборудования.

И еще на один очень важный момент указал докладчик. Очень часто к ремонтам приводит не физический износ, а неправильная эксплуатация оборудования, в числе которых недостаточная квалификация персонала, некачественные расходные материалы, неподходящая производственная среда.

Завершилась конференция выступлением Алексея Пескова «АСУ ТООИР по физическому техническому состоянию станков с прогнозированием на базе предиктивной и проскриптивной аналитики». Но это тема отдельного разговора.

Зинаида Сацкая

ЭТО НЕ ПРОБЛЕМЫ. ЭТО ЗАДАЧИ

Первый национальный металлообрабатывающий форум NMF-2023 прошел под девизом: «Металлообработка без купюр и без галстуков: про бизнес из первых уст!». Форум был организован Национальным союзом поставщиков оборудования и инструмента для металлообработки (НСПОИМ).

Первую сессию форума открыл президент НСПОИМ Павел Беликов, начав её с информации о состоянии рынка в новых условиях, обозначив февраль 2022 года как точку отсчёта этих условий.

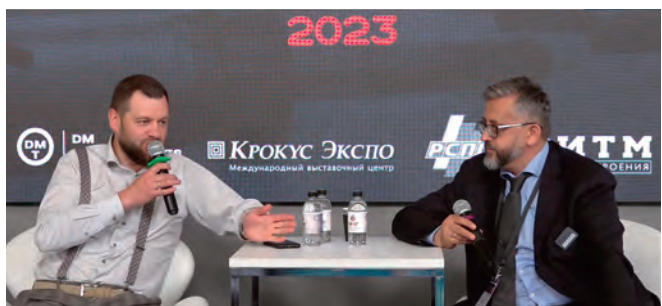
Прежде всего Беликов констатировал падение импорта в 2022 году до 574,1 млн долл. относительно 816,8 млн долл. в 2021 г., что в штуках выглядит как 974 против 11413 соответственно. Структура импорта также изменилась, и докладчик отметил только рост импорта из Китая с 89,3 млн долл. до 248,29 млн долл. Экспорт упал с 1223 станков в 2021 г. до 243 в 2022 г.



Производство металлообрабатывающего оборудования в нашей стране за прошлый год, по данным Росстата, выросло с 4877 шт. в 2021 г. до 6706 шт. в 2022 г. по станкам и с 4402 до 9800 по кузнечно-прессовому оборудованию.

Ощутимые изменения произошли в показателях потребления. Оно выросло с 19489 до 25573 единиц.

Есть и другие показатели, характеризующие состояние российского станочного парка. По данным ВШЭ, потребление станков на душу в лидирующей по этому показателю Швейцарии 126, 6 шт., в России — 15,8. Возраст станков на отечественных предприятиях 10–30 лет и более, и при этом коэффициент обновления станочного парка составляет 0,3% против 8–10% в Европе. Получается, что на реновацию станочного парка страны может потребоваться жизнь нескольких поколений.



Экспертам, принимавшим участие в сессии, Павел Беликов, выступавший в роли модератора, задал следующие вопросы: 1) Как вы оцениваете состояние нашей станкоинструментальной промышленности? 2) Как вы оцениваете текущий уровень прогресса и компетенций? Насколько наша продукция конкурентоспособна? 3) Сможем ли мы всё сами и может ли нам помочь государство?

Обобщая сказанное участниками сессии, можно выделить следующие концептуальные выводы. Наше станкостроение не сегодня начало умирать, и сегодня станкоинструментальной промышленности почти нет, а что осталось — уже не наше. Современного станка нет без компонентов с электроникой, которой у нас практически нет. В одиночку станкоинструментальную промышленность страны никак не поднять, а с кем поднимать — это вопрос больше к МИД РФ. Те, кто использует серые схемы поставок комплектующих, решают сиюминутные задачи, но в перспективе загоняют ситуацию в тупик. Технологический суверенитет, то есть «делать всё самим», должен коррелировать со скоростью решения задачи и всеми видами ресурсов.

Возражения представителей промышленности вызывают государственные ограничения, которые не позволяют станкостроителю использовать предоплату в качестве инвестиционного актива. Государственный механизм предоставления льгот крайне сложный. Чтобы ими пользоваться, внутри предприятия нужно создавать отдельный институт, а предприятию, действующему в рынке, нельзя быть конкурентоспособным, не будучи экономным. Развитие станкостроения невозможно как отдельной отрасли, потому что станкостроители — тоже пользователи продукции, которую изготавливают литейщики, электронщики и далее по длинному списку.

Сегодня стоимость отечественного оборудования в полтора-два раза выше, чем аналогичного зарубежного, при этом по техническим параметрам, по точности оно уступает европейским, японским, американским аналогам. Китайские станки видятся едва ли не панацеей, но нет достоверной, подтвержденной опытом эксплуатации информации об их качестве, уровне сервиса, что порождает





риски для потребителя. Очевидно и другое — без государства проблему не решить, но позиция государства не всегда последовательна и понятна.

Участники сессии отдавали себе отчёт в том, что «здесь и сейчас» они ничего не решат, но также общим было понимание, что «слово творит действительность». Такие обсуждения позволяют не только точно определить координаты отрасли сегодня, но и отделить зёрна от плевел — настоящие способы решения труднейшей проблемы от популистской шапкозакидательской трескотни.

Были и другие сессии. Например, сессия по аддитивным технологиям сосредоточилась на печати деталей автомобиля из полиамида и пластика. Это не было связано с металлообработкой, но было очень интересно, а главное — полезно для аудитории и обогатило тематическую палитру форума.

Участники панельной дискуссии «Могут ли отечественные поставщики решений программного обеспечения автоматизации и цифровизации производства заместить импортные решения и нет ли рисков технологической деградации отрасли?» констатировали, что существенного продвижения в плане импортозамещения ПО не произо-

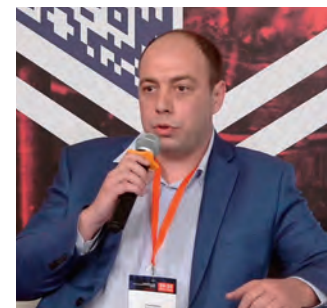
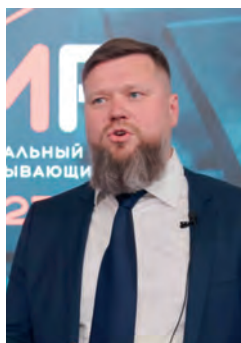
шло, зависимость от импорта остаётся на уровне 2014 года, и сама жизнь диктует использование отечественного софта не на ближайшие год-два, а на длительную перспективу. Для некоторых модулей зарубежных программных продуктов отечественных аналогов нет, и говорить о полном импортозамещении к 2025 году, как требует законодатель, пока рано. К тому же крайне остро стоит тема нехватки кадров.

Кроме того, помимо разработчиков нужны интеграторы, которые будут внедрять на предприятиях ПО, созданное вендорами. Именно интеграторы сейчас должны сыграть одну из основных ролей по части тиражирования решений вендоров, поскольку их руки сейчас не смогут «дотянуться до всех».

Хотя форум проходил параллельно с выставкой «Металлообработка» на традиционной площадке «Экспоцентра», он не затерялся в деловой повестке станкостроителей, и сегодня кажется, что у него хорошие перспективы.

Зинаида Сацкая

Видеозапись деловой программы:
<https://www.youtube.com/@nspoil/streams>



РЫНОК ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ

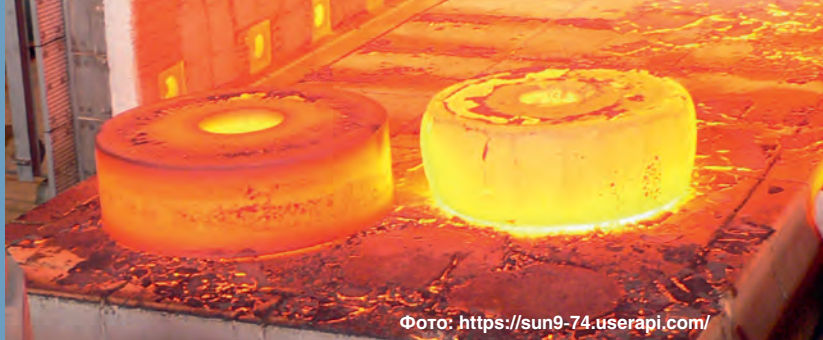


Фото: <https://sun9-74.userapi.com/>

Термообработка — комплекс процессов нагрева и охлаждения, который позволяет за счет физических и химических преобразований изменять структуру металлов и улучшать их эксплуатационные свойства: облегчать обработку резанием или давлением, уменьшать хрупкость, повышать твердость, износостойкость, коррозионную стойкость и т.д. Термически обработанные детали необходимы для работы автомобилей, самолетов, космических кораблей, компьютеров и любого тяжелого оборудования.

Согласно исследованиям Research and markets [1], ожидается, что мировой рынок термообработки вырастет с 98,73 млрд долларов в 2022 году до 104,29 млрд долларов в 2023 году при среднегодовом темпе роста (CAGR) 5,6%, а к 2027 году увеличится до 123,2 млрд долларов при среднегодовом темпе роста 4,3%. Снижение темпов роста связано с геополитической нестабильностью, с экономическими санкциями в отношении ряда стран, резким ростом цен на сырьевые товары и сбоями в цепочке поставок, что вызвало инфляцию товаров и услуг и повлияло на многие рынки по всему миру.

Ожидается, что росту рынка термообработки в будущем будет способствовать растущий спрос со стороны отраслей конечных пользователей. Например, во многих изделиях автомобильной промышленности термообработка используется для упрочнения алюминиевых деталей кузова, компонентов двигателя и трансмиссии. Производство автомобилей в Индии выросло до 3,08 млн единиц в 2021 году по сравнению с 2,43 млн единиц в 2020 году, что определяет высокий спрос на данные виды термообработки. В 2022 году крупнейшим регионом на рынке термообработки стал азиатско-тихоокеанский.

Основные виды термической обработки: объемная, поверхностная, местная закалки; нормализованный, гомогенизирующий, рекристаллизационный отжиг, химико-термическая обработка и обработка лазерным нагревом; закалка электроимпульсным полем; термообработка при применении пластической деформации, а также обработка холодом [2].

Так, например, в рамках европейской конференции по термообработке и обработке поверхности ECHT-2023 заявлены следующие темы для обсуждения, которые будут способствовать достижению устойчивого развития [3]:

- термическая обработка железа и стали (отжиг, закалка, отпуск, закалка и отпуск, закалка и разделение);
- термическая обработка цветных сплавов (отжиг, старение);
- термохимическая обработка (цементация, карбонитрация, нитроцементация, азотирование, борирование);
- поверхностная закалка (индукционная, лазерная, электронно-лучевая);
- технология закалки (оборудование и закалка);
- термическая и термохимическая обработка в аддитивном производстве;
- технология нанесения покрытий (PVD, CVD, плазма, термическое напыление);
- пайка (вакуумная, индукционная);
- физическая металлургия в термообработке и инженерии поверхности;
- тестирование и определение характеристик компо-

нентов после термообработки и поверхностной обработки (разрушающие и неразрушающие методы);

- моделирование и симуляция тепловых процессов и инженерия поверхности;
- остаточные напряжения и деформации;
- промышленное оборудование для термообработки и обработки поверхности (проектирование, оптимизация процессов);
- искусственный интеллект, управление технологическим процессом и надежность при термической обработке и обработке поверхности;
- экономия энергии и сокращение выбросов CO₂ (оптимизация процесса, современное оборудование, альтернативные виды топлива);
- экологические аспекты и аспекты устойчивого развития при термической обработке и обработке поверхности.

При термообработке материалов используется специальное оборудование: электропечи, газопламенные и электродные печи, закалочные баки, соляные ванны и т.д.

По мнению американского журнала Heat Treat Today, основанного на количестве тематических публикаций, тенденциями в термообработке можно назвать:

- увеличение тепловой эффективности для уменьшения углеродного следа, в т.ч. с применением технологии индукции;
- развитие технологии удаленного мониторинга и комплексного управления;
- рост внедрения технологий закалки расплавленной солью и регенерации соли;
- рост применения вакуумных печей;
- электрическое отопление как часть производственного процесса;
- цифровая трансформация и применение промышленного интернета вещей (IIoT).

Подробный обзор по термообработке в машиностроении в журнале «РИТМ машиностроения» подготовили в 2016 году С. Г. Цих и В. А. Андреев [5]. В настоящем проекте редакция через мнения ведущих российских экспертов отрасли вновь хотела бы показать состояние отрасли на современном этапе.

Татьяна Карпова

Литература

1. <https://www.researchandmarkets.com/reports/5785614/heat-treating-global-market-report>
2. Елена Михайловна Буслаева. Материаловедение. <https://studfile.net/preview/5663748/>
3. www.aimnet.it/echt2023.htm
4. <https://www.heattreattoday.com/industries/manufacturing-heat-treat/the-heat-treat-trends-of-2022-thus-far/>
5. <https://ritm-magazine.com/ru/public/termoobrabotka-v-mashinostroenii>

О РАЗВИТИИ РОССИЙСКОГО РЫНКА ТЕРМООБРАБОТКИ

В этом проекте редакция журнала «РИТМ машиностроения» поставила задачу показать состояние российского рынка термообработки, обозначить новые возможности и трудности ведущих компаний, привлечь внимание к их потребностям, выделить перспективные направления развития.

Экспертам отрасли было предложено ответить на следующие вопросы:

1. Какие новые тенденции наметились в сфере термообработки?
2. Какие изменения произошли в вашей компании? Каковы итоги 2022 года? Возник ли дополнительный спрос? Готовы ли вы предоставлять новую продукцию/услуги?
3. Что нужно для ускоренного развития и внедрения отечественных инновационных технологий и оборудования для термообработки в промышленности? Какие направления для развития вы считаете перспективными?

ООО «Термохим» — разработчик технологических процессов и оборудования для поверхностного упрочнения и защиты деталей машин от износа, эрозии, коррозии, усталостного и контактного разрушения, окисления при высоких температурах. Компания осуществляет услуги термохимической обработки.



Сергей Цих,
генеральный директор

Что касается тенденций, в последние 2–3 года, а особенно в 2023 году, в условиях действия санкций практически прекратились поставки импортного оборудования, запасных частей и компонентов для производства машиностроительной продукции на территории РФ. В связи с этим многократно возросла роль программы импортозамещения. В первую очередь это касается ключевых отраслей промышленности (энергетика, нефтяная, газовая, химическая, авиационная промышленность, станкопром, автопром и др.), где доля применения импортных комплектующих высока. Сейчас полным ходом многими отраслевыми институтами, да и частными компаниями, ведутся работы по освоению производства деталей машин и оборудования взамен импортных. Само изготовление деталей мехобработкой, как правило, не вызывает больших проблем, а вот придание окончательных эксплуатационных свойств деталям, которое достигается в основном термической или химико-термической обработкой, не всегда удается решить в полном объеме. Даже определив химсостав, структуру, фазовый состав и характеристики основы металла и поверхности, часто не удается идентифицировать методы получения этих характеристик. Это связано прежде всего с тем, что после 1991 г. в России практически остановились исследования в области упрочнения металлов, многие технологии забыты, а западные технологии, доступ к которым закрыт, далеко ушли вперед.

Можно рассмотреть пример взаимодействия нашей компании с одним из мировых лидеров в области разработки новейших технологий термической и химико-термической обработки — немецко-французской компанией HEF-Durferriit. В данной компании разработаны за последние годы десятки технологий ТО и ХТО, а доступ к оборудованию, технологиям и расходным материалам для иностранных потребителей сводится к технологиям 30–40-летней давности, где существует определенная конкуренция среди производителей. Поэтому на вопрос, какие тенденции в мире наметились в сфере термообработки, можно ответить следующим образом: наряду с примени-

ем классических технологий: закалки, цементации и азотирования — на Западе активно продвигают специальные технологии для придания предельных характеристик как основе металла, так и поверхности детали, испытывающей максимальные нагрузки, так как разрушение детали, как правило, начинается с поверхности. К сожалению, каких-либо тенденций в России я не наблюдаю. Редко на каких предприятиях можно увидеть хорошую термичку (исключения есть, и это очень позитивно), но в основном при модернизации предприятий, прошедшей в последнее десятилетие, основной упор был сделан на металлорежущее, сварочное, гибочное, заготовительное и др. оборудование, а термическое производство, к сожалению, финансируется по остаточному принципу. Пока не будет понимания у руководства машиностроительных компаний, да и отраслей промышленности, что окончательные эксплуатационные характеристики достигаются именно современными методами ТО и ХТО, серьезных подвижек не будет. Если сказать коротко, то отношение к термообработке такое: что о ней говорить — нагрел и охладил — вот и вся термообработка. Что говорить об отношении государства к проблемам термообработки, если мы в 2018 г. впервые в России проводили международный конгресс по инженерии поверхности и термообработке под эгидой международной федерации IFHTSE с минимальной поддержкой государства, в основном на голом энтузиазме Российского общества металлословов и термистов во главе с его председателем профессором А.К. Тихоновым. Правда, стоит отметить, что на финишном этапе большую материальную помощь организации конгресса оказал ЦНИИчермет, и то благодаря личному авторитету А.К. Тихонова.

Какой выход из создавшегося положения я вижу?

Это прежде всего создание в России сети центров по термообработке с самым современным оборудованием. Мировой опыт показывает, что в наиболее промышленно развитых странах примерно 30% услуг по ТО и ХТО оказывают коммерческие центры. Например, я знакомился с опытом работы таких центров в Германии и во Франции и могу сказать: только в Германии таких центров более 160 с оборотом от 2 до 5 млн евро в год. У нас в России количество таких центров можно посчитать на пальцах одной руки, причем с неадекватно низкой выручкой (эта информация легко доступна в интернете).

Хочу поделиться некоторыми мыслями, так сказать, изнутри. Коммерческая термообработка в России началась с нашей компании. В этом году мы будем отмечать 30-летие компании. Начинали мы с классических технологий (закалка, цементация, азотирование), что на начальном этапе развития позволило сгенерировать прибыль, которую

мы направили в разработку инновационных технологий ТО и ХТО. Подчеркну, что мы ни разу не использовали государственных субсидий, грантов, кредитов, только собственные средства.

Хорошую устойчивую прибыль компания начала получать после коммерциализации собственных разработок в области оборудования, технологий и расходных материалов. Нашими услугами пользуется более 600 компаний со всей страны. География деятельности нашей компании — от Белгорода до Красноярска. Мы вместе с нашей страной пережили все кризисы 1998, 2008 и 2022 годов и продолжаем активно работать и по сей день. Причем каждый выход из кризиса сопровождался резким ростом количества заказчиков, а соответственно, выручки и прибыли компании. За последний год мы коммерциализируем наши новейшие разработки, касающиеся поверхностного упрочнения деталей, работающих в абразивных средах. Абразивная среда — это самая жесткая среда, которая особенно в присутствии ударных нагрузок приводит к преждевременному, а часто к катастрофическому разрушению поверхности деталей, подверженных этому виду воздействия. Новые технологии основаны на внедрении в поверхность детали бора в различных комбинациях (об этом мы писали в журнале «РИТМ машиностроения» в прошлом году). Они используются, например, в нефтегазовой отрасли, где при добыче полезных ископаемых оборудование, прежде всего насосы и запорно-регулирующая арматура, подвергаются интенсивному ударно-абразивному воздействию. Разработанные технологии не имеют аналогов и прошли успешную проверку крупнейших западных компаний, таких как «Бейкер Хьюз», «Шлюмберге», «Самсон групп», группа «Нова» и др.

Что сдерживает еще более мощный рост показателей нашего бизнеса? Это прежде всего нехватка промышленных площадей. На мой взгляд, шикарная идея правительства РФ о создании технопарков, особых экономических зон и др. обставлена кучей требований, которые практически являются заградительными для развития малого бизнеса. Например, существует положение о невозвратных инвестициях в развитие технопарка, обязанность обеспечить определенное количество рабочих мест и определенный уровень зарплаты, инвестиции в инфраструктуру внутри технопарка (дополнительная плата за подключение электрических мощностей, воды, канализации и др.). На мой взгляд, если государство скажет А, то надо говорить и Б. Например, политика нашей компании, да и не только нашей, заключается в том, что мы вкладываем прибыль в разработку новых технологий, оборудования, расходных материалов, а не в здания со всей инфраструктурой. В случае вложений в здания и сооружения мы остановимся в своем развитии. Мы не просим давать нам какие-то льготы по налогам, аренде помещений и размещению госзаказов. Если бы нам государство создало комфортные условия развития бизнеса, касающиеся сдачи в долгосрочную аренду на рыночных условиях производственных площадок без каких-либо дополнительных условий, кроме проведенной экспертизы на инновационность данного проекта, думаю, развитие производственных компаний малого бизнеса шло намного быстрее и успешнее.

Кроме того, в этом году нам удалось полностью импортозаместиться в части закупаемых нами в Германии расходных материалов для ТО и ХТО и, наконец, внедрить

систему менеджмента качества согласно требованиям ISO 9001-2015. Это позволило повысить производительность и качество выполняемых услуг, качество производимого оборудования и расходных материалов. Это было непросто, потому что эта система предусматривает не только нашу ответственность перед заказчиком, но и заказчика, перед нами. Представляете, у нас более 600 заказчиков и каждый со своими требованиями. Я был вынужден содержать целую службу по приему заказа, которая разгадывала в ежедневном режиме ребусы, касающиеся требований заказчика к материалам, технологиям упрочнения, характеристикам упрочненного слоя и сердцевины материала. При разночтениях в документации иногда днями и даже неделями приходилось проводить всевозможные согласования, что приводило к существенному увеличению срока выполнения заказа или даже получению неустраиваемого брака. После внедрения этой системы во многом задачу обеспечения качества оказанных услуг удалось решить.

Хочу также остановиться на вопросе замены запасных частей в действующих импортных установках.

На данный момент эта проблема существует не только в нашей отрасли, но и во всей стране. Применительно к термической и химико-термической обработке для всех более-менее современных технологий закалки в защитных контролируемых атмосферах, цементации и нитроцементации, вакуумной термообработки, термообработки алюминиевых и титановых сплавов было много предложений по оборудованию от ведущих европейских и американских фирм. Сейчас остановились поставки и самого оборудования, и запасных частей к нему. Так называемый параллельный импорт запчастей никому не интересен из-за небольших объемов (в отличие, например, от поставок запчастей к автомобилям). Потихоньку оборудование начинает сыпаться и в какой-то момент может встать, а за ним остановится выполнение заказов, в том числе и оборонных. Что надо делать, непонятно. Появились какие-то сигналы от правительства, например, просят заполнить всевозможные анкеты о потребностях в импортном оборудовании и запчастях к нему. Но, как известно, чиновники часто работают на процесс, а бизнесу нужен результат. Надеюсь, что бизнес найдет варианты решения и этой проблемы.

Хотелось бы затронуть еще одну проблему, набившую оскомину во всех средствах массовой информации.

Это проблема кадров. Представляете, что в Москве, самом индустриально развитом регионе России, практически свернули подготовку рабочих кадров. Я попытался проанализировать, какие рабочие специальности готовят колледжи. Рабочих-термистов я там не нашел. А известно, что при производстве любой машиностроительной продукции ТО и ХТО занимает от 8 до 12% от ее стоимости. Кто же будет участвовать в процессе производства? Вопрос риторический и скорее всего останется без ответа. Инженерные кадры худо-бедно еще готовятся, но существует другая проблема. Выпускники ведущих вузов страны по нашей специальности (МГТУ им. Н.Э. Баумана, МИСИС и др.) практически не идут работать по специальности. Я знаю непонаслышке, что в определенные года целые выпуски специалистов устраиваются на работу куда угодно, только не по специальности. Это крик души. А в целом, учитывая примеры нашей компании и наших заказчиков, я с большим оптимизмом смотрю в будущее.

ООО «Научно-производственный центр «Криогенная технология повышения ресурса» (НПЦ «КриоТех-Ресурс») — единственное предприятие в России, которое занимается изучением и внедрением технологии криогенной обработки при температурах жидкого азота.



Николай Кокорин,
директор по науке и развитию

На современном этапе для интенсивного развития отечественной промышленности необходимы все возрастающие объемы конструкционных материалов с новыми свойствами. Улучшение разнообразных свойств новых конструкционных материалов становится важнейшей задачей, обуславливающей технологический прогресс в приборостроительной, авиационной, автомобильной, нефтегазовой, станкостроительной, химической, атомной промышленности, а также в ряде других отраслей техники. В связи с этим особую важность приобретает изучение основных средств воздействия (нагрев, охлаждение, наличие среды) на свойства современных конструкционных материалов, термической и криогенной обработки. В нашем случае растет число заявок на обработку металлических изделий с покрытиями.

Что касается нашего предприятия, в этом году оно отмечает юбилей. Направлению «Криогенная обработка» — 10 лет. На начало 2023 года инновационная технология криогенной обработки металлопродукции внедрена уже на 56 предприятиях различных отраслей промышленности. С 2013 года наши специалисты проводят исследования, внедряют технологию криогенной обработки на отечественных предприятиях посредством оказания услуг и поставки инновационного оборудования — криогенных камер.

В связи с увеличением объемов производства отечественных предприятий возникла острая необходимость в приобретении более современного, безопасного и энергоэффективного оборудования. Наметилось понимание, что дедовские способы упрочнения металла, такие как макание в азот, захлаживание на воздухе при минусовых температурах, уже неактуальны. Оптимального эффекта в решении задачи получения структурно-фазовых преобразований в металле можно достичь лишь посредством упрочняющей криогенной обработки — контролируемого процесса, учитывающего химический состав обрабатываемого материала. Именно криообработка позволяет достичь максимальных эксплуатационно-прочностных характеристик, заложенных металлургами. Радует, что появляются предприятия-заказчики, где к внедрению технологии подходят основательно и грамотно — начинают работу по модернизации производства с проектирования нового цеха термической обработки. На одной площадке размещается и участок для проведения штатной термической обработки, и комплекс для проведения упрочняющей криогенной обработки, включающий криогенную камеру и криогенный сосуд.

За прошедший год наибольшее количество обращений поступило по вопросу повышения износостойкости металлопродукции. Для решения проблемы увеличения ресурса обратилось 23% заказчиков. Для 17% актуальным было

решение проблемы повышения твердости инструмента и ответственных деталей. С целью увеличения прочности и стабилизации размеров заготовок высокоточных деталей обратилось по 1,5%. В этом году количество заказов заметно увеличилось. Объем услуг по проведению криогенной обработки вырос на 30–40% по сравнению с 2022 годом.

В настоящее время ведутся работы по изготовлению 4 криогенных камер. Впервые были заключены договоры на производство камер больших размеров. Прежде заказывались небольшие камеры под проведение испытаний узлов и агрегатов при криогенных температурах. Несмотря на то, что существует модельный ряд типовых камер, в основном камеры разрабатываются исходя из индивидуальных габаритов обрабатываемых изделий. С учетом объема загрузки камеры, скорости и времени охлаждения подбирается криогенный сосуд.

Новый опыт

Расширяются и рынки сбыта. В этом году впервые были оказаны услуги по криогенной обработке шаропркатных валков для крупнейшего металлургического комплекса Узбекистана. В результате криообработки произошло значительное повышение твердости за счет образования в структуре стали легированного мартенсита повышенной твердости. В два раза уменьшился разброс твердости, что свидетельствует об образовании более равновесной структуры. Произшедшие преобразования позволяют заказчику увеличить срок службы обработанных деталей.

К сожалению, пока только на уровне переговоров ведутся работы с предприятиями Белоруссии и Казахстана. Но уверен, что заключение договоров — это вопрос времени.

Что нужно для ускоренного развития?

Консультируя специалистов предприятий, приходится, к сожалению, констатировать низкий уровень знаний, компетенций вообще по теме термообработки, а уж что говорить об упрочняющей криогенной обработке! Теория этой технологии даже не преподается в вузах будущим специалистам. Поэтому, конечно, нужно в первую очередь совершенствовать программы вузовской подготовки специалистов. Несведущий конструктор вряд ли сможет профессионально решить задачу по улучшению прочностных эксплуатационных характеристик металлопродукции.

Бывает, что, и опробовав технологию, специалисты предприятия-заказчика не могут самостоятельно оценить эффективность ее внедрения. Поэтому на первое место я бы поставил подготовку грамотных специалистов в области термообработки.

Существует острая необходимость и в разработке современных стандартов по проведению термической обработки новых конструкционных материалов. Изделия есть, а как их обрабатывать неизвестно. В таких случаях предприятие-исполнитель теряет время на поиски нужного решения в достижении поставленной задачи заказчиком и приходит к применению инновационной технологии криогенной обработки зачастую методом проб и ошибок, потому что нет стандарта в арсенале методологической документации термиста, впрочем, как и самих термистов.

Хотелось бы, чтобы руководство предприятий по возможности озадачилось и модернизацией участков термической обработки. Без оборудования, отвечающего современным требованиям, предъявляемым заказчиками к изделиям, невозможно проводить эффективную термообработку, особенно в части импортозамещения.

Современная «термичка» в обязательном порядке должна быть укомплектована комплексом для проведения криогенной обработки. Только в результате системного подхода к проведению термообработки металлопродукции с применением упрочняющей технологии возможно достичь максимальных значений по таким показателям, как прочность, твердость, износостойкость, ресурс.

В конечном итоге результат будет очевиден своей эффективностью: предприятие сможет сэкономить на закупке и замене своего инструмента, получит изделие с конкурентными преимуществами, сможет предлагать рынку продукцию, замещающую импортные аналоги.

ООО «Горизонт Покрытий» — оказание услуг в направлениях: повышение ресурса режущего инструмента, переточка осевого режущего инструмента, газотермическое напыление, аддитивное производство, реверс-инжиниринг.



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

Если говорить об опыте в области аддитивного производства, наш запрос на услуги по термообработке за последнее время трансформировался. Требования клиентов сконцентрировались на изготовлении деталей под иностранную технику в рамках импортозамещения. Т.е. к нам приходит заказчик с конкретными требованиями к механическим свойствам материалов, из которых изготовлены изделия, которые были изначально спроектированы в соответ-

ствии с иностранными стандартами. Например, требуется цикл термообработки для жаропрочного никелевого сплава Inconel 718 в соответствии со стандартами AMS. Мы адресуем наш запрос на термообработку напечатанных изделий или заготовок, но сталкиваемся со следующими проблемами. Оборудование на рынке есть, но компания — оператор услуг по термообработке зачастую к этим работам под ключ не готова в виду отсутствия релевантного опыта в области термообработки сплавов по иностранным спецификациям. И мы вынуждены часть работы по поиску оптимальных режимов термообработки либо брать на себя, либо совместно с техническими специалистами компании — оператора решать данную проблему.

Кроме того, специфика аддитивного производства металлических изделий такова, что после процесса печати заготовки практически всегда (в 95% случаев) требуется последующий цикл термообработки. Наши контрагенты по услугам термообработки достаточно хорошо владеют технологией термообработки изделий по традиционной рецептуре (например, после литья или для обеспечения необходимой твердости материала), в том числе могут достаточно точно спрогнозировать поведение заготовок в процессе цикла термообработки в части короблений, усадки и т.п. Но опыта работы с заготовками, полученными методами аддитивного производства, в вопросах диагностики их поведения в процессе термической постобработки пока недостаточно. И это тоже является определенной проблемой, которую нам нужно решать совместно.

Что касается перспектив развития и некоторых прогнозов, то можно выделить несколько направлений.

1. Для рынка 3D-печати металлами остро стоит вопрос доступности оборудования для термообработки на открытых площадках, а обращение в структуры госкорпораций связано с достаточно высоким риском срыва сроков ввиду высокой загрузки оборудования внутренним заказом и специфики организации бизнес-процессов в таких структурах. Нужно расширять парк и доступность оборудования для термообработки. Создание т.н. центров термической обработки, наверное, позволило бы нам оперативно закрывать свою потребность в этом виде постобработки, не боясь встать в очередь на ближайшие полгода — год. Кроме того, нужно учитывать, что с ростом объемов рынка услуг 3D-печати металлами будет происходить синхронное увеличение запросов на термическую обработку.

2. Современные требования к характеристикам материалов, из которых изготавливаются изделия, также задают достаточно высокую планку для качества и точности управления процессами термической обработки. Это, в свою очередь, требует модернизации парка печей в части оснащения современными системами мониторинга технологических параметров и управления. Это справедливо и для разрабатываемого в настоящий момент отечественного оборудования.

3. Кроме того, необходимо обеспечить доступность на рынке достаточно широкой номенклатуры оборудования для термообработки, в том числе с достаточно широким диапазоном размеров рабочей камеры. Не всегда удобно и экономически целесообразно эксплуатировать печь с низким процентом загрузки по садке. Будет полезно, если наши производители оборудования смогут предложить достаточно широкий модельный ряд печей. Тогда я как оператор рынка услуг по изготовлению металлических изделий смогу под свою конкретную аддитивную установку (3D-принтер с определенной зоной построения) подобрать для производственного участка постобработку печь, максимально адаптированную под мои задачи.

4. Существует достаточно молодое технологическое направление в 3D-печати, т.н. Metal FDM 3D-печать, когда можно на достаточно простом и дешевом аддитивном оборудовании печатать «зеленую» заготовку (green model) из специального металлонаполненного полимера, а затем подвергать ее двухстадийной обработке в печах (выжигание связующего — спекание). Эта технология имеет большой потенциал в части расширения технологических возможностей аддитивного производства, но отсутствие термообрабатывающего оборудования с нужными характеристиками существенно тормозит процесс внедрения. Речь идет о печах с рабочей камерой со средней азотной кислотой, что позволяет реализовать процесс выжигания связующего. Таких печей в России практически нет, и при реализации процесса «3D-печать — выжигание связующего — спекание» для промежуточной стадии работы с «зеленой» заготовкой всегда проблематично найти подходящее оборудование. Имеющиеся на рынке печи с подобной атмосферой имеют ограничения по размеру рабочей камеры, что также ограничивает возможности мультиматериальной 3D-печати. В связи с этим можно констатировать необходимость разработки в России ретортных печей для каталитического выжигания.

5. Также, как было отмечено выше, необходимо разрабатывать и внедрять методы предиктивного анализа поведения заготовки в процессе термообработки в части применимости для заготовок, полученных аддитивным способом, т.к. пока в этом направлении очень мало наработок.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Термическая обработка играет значительную роль в технологических процессах аддитивного производства. В течение многих лет технология 3D-печати завоевывала позиции в сравнении с давно устоявшимися производственными процессами. На первых этапах развития аддитивное производство было ограничено сферой прототипирования, но в последнее время появилось множество вариантов его использования, включая производство инструментов и штампов, изготовление имплантатов на заказ, производство пилотных линий и даже массовое производство. По некоторым оценкам, процесс является конкурентоспособным по стоимости по сравнению с устоявшимися альтернативными технологиями производства для партий размером до 50 000 деталей.

Аддитивное производство — это процесс послойного наращивания изделий путем термической реакции связывания слоев материала. Классифицировать аддитивные технологии можно в зависимости от методов формирования слоя, применяемых материалов и методов подвода энергии для фиксации слоя построения (тепловое воздействие, УФ или видимый свет и т.д.). Некоторые процессы 3D-производства изделий требуют последующей термической обработки.

Реализация процесса термической обработки возможна благодаря встраиванию в технологическую цепочку некоторого высокотехнологичного оборудования.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

При использовании аддитивного метода селективного лазерного сплавления металлических порошков (SLM) требуется последующая термическая обработка. Например, для повышения прочности и твердости деталей можно использовать процесс закалки, отжига или нормализации, которые позволяют уменьшить внутренние напряжения в металле, улучшить его пластичность и уменьшить вероятность появления трещин и других дефектов.

Фактически для получения желаемых свойств после изготовления требуются те же процессы, что и для эквивалентной литой или механически обработанной детали. Еще один метод обработки 3D-напечатанных деталей — горячее изостатическое прессование (ГИП), которое представляет собой процесс улучшения механических свойств путем создания равномерного давления на материал при высокой температуре в течение определенного времени. В результате этого процесса материал становится более прочным и устойчивым к деформации. Применение ГИП позволяет получить плотность деталей, приближенную к 100% за счет уменьшения размера пор, которые являются концентраторами напряжений.



ГДЕ БУДУЩЕЕ ОБРЕТАЕТ ФОРМУ

ДЕФЕКТЫ СЛОИСТЫХ СТРУКТУР. ГИП ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ.

Система SLM послойно выполняет 3D-печать:

- На подогреваемую платформу построения подается слой порошка заданной толщины (20–100 мкм), а камера заполняется инертным газом.
- Частицы порошка под воздействием лазерного излучения сплавляются в соответствии с заданной 3D-моделью. Так слой за слоем по высоте и выполняется синтез готовой детали.

При 3D-печати могут возникать специфические микроструктуры, связанные с кристаллизацией материала, которые требуют его гомогенизации.

Кроме этого, может возникать усадочная микропористость. Все это влияет на механические свойства и эксплуатационные характеристики аддитивных объектов.

Горячее изостатическое прессование позволяет решить обе эти проблемы.

SIU System предлагает конструкции ГИП для металлургии гранул (рис. 1). В отличие от намотанных конструкций силовых агрегатов газостата, данная технология обеспечивает полный ультразвуковой контроль всех элементов без дефекта эксплуатации и значительно более низкую стоимость.

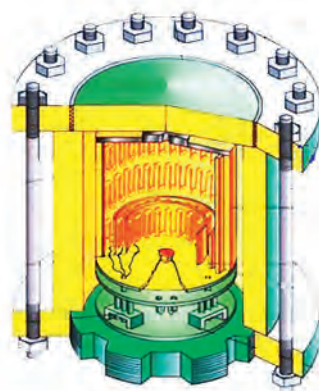


Рис. 1. ГИП шпильчатой конструкции



По вопросам заказа ГИП
вы можете обратиться
в компанию SIU System.

info@siusystem.ru
8 (800) 555-85-48

СДЕЛАНО В РОССИИ, СДЕЛАНО НА СОВЕСТЬ



С «НПК Морсвязьавтоматика» мы познакомились в 2015 году на судостроительной выставке «Нева», где компания показывала электрощитовое оборудование, судовую электронику и системы обогрева. Однако наше внимание компания привлекла совсем другим: на стенде стоял станок Unimach для раскроя листового металла с табличкой «Сделано в России». Мы разговорились с сотрудником стенда. Он обстоятельно рассказывал о достоинствах станка, уникальных решениях собственной разработки, о настроениях потребителей на рынке оборудования для лазерной резки. Мне было интересно об этом написать, мы обменялись визитными карточками, и стало понятно, что моим собеседником был Андриан Правдин, генеральный директор «НПК Морсвязьавтоматика».



Андриан Правдин,
генеральный директор

После этого мы ежегодно встречались на выставке «Металлообработка» в «Экспоцентре». «Морсвязьавтоматика» (МСА) показывала новые модели станков, а Правдин, делаясь своими наблюдениями за рынком, сетовал на недоверие крупных компаний к российской продукции. И вот в мае нынешнего года на «Металлообработке» мы увидели на стенде Unimach станки для лазерной резки и сварки металла, систему автоматической загрузки и разгрузки листа и главный экспонат — раскройный комплекс для листового металла Unimach LC Ultra с излучателем 30 кВт и сменным столом 3000×1500 мм (рис. 1).

По заявленным характеристикам он является одним из самых быстрых на рынке. Одним словом, мы получили наглядный сигнал, что компания продолжает развиваться, предлагая все более производительное оборудование, и оно востребовано рынком. Нам показалось интересным разобраться во всех нюансах непосредственно на производственной площадке в Санкт-Петербурге.

ДОРОГА К СВОЕМУ СТАНКУ

МСА ведет свою историю с 2003 года, начав с судовой электроники, для которой требовались пультовые конструкции. На старте компания была небольшая и разделку металла заказывала на стороне, но сроки и нестабильное качество работы аутсорсеров перестали удовлетворять заказчика. Руководитель компании Андриан Правдин решил купить станок и проблему раскроя металла решать самостоятельно. Зарубежные станки были для небольшой компании дорогаваты, и было принято решение в пользу отечественного станка на твердотельном лазере. Так в составе «Морсвязьавтоматики» в 2005 году появилось направление металлообработки. Однако, намучившись с бесконечными ремонтами, поняв, что невозможно найти на российском рынке качественный продукт за разумные для компании деньги, основатель и бессменный руководитель МСА решил, что изготовление своей продукции можно доверить только собственному станку. Первый собственный станок тоже был с твердотельным излучателем, а потом предпочтение было отдано лазерам IPG, которые в подмосковном Фрязино выпускает компания «ИРЭ-Полус».

Станок с излучателем IPG был сделан самостоятельно с нуля, тогда же под него появилось первое собственное программное обеспечение. «Первенец» по возможностям

был значительно проще зарубежных, но позволял делать самое главное, а именно — быстро и четко обрабатывать металл. Коллеги из партнерских компаний, увидев станок МСА, изъявили желание приобрести аналогичное оборудование. Станки сделали и благодаря этому поняли, что тема по всем критериям рабочая. Свой шанс МСА не упустила, начался серийный выпуск станков, и с 2008 года новым направлением в деятельности МСА стало станкостроение. Оборудование под брендом Unimach пошло на рынок. С того момента продано более 1200 единиц, и сегодня МСА выпускает пять линеек станков.



Рис. 1. Станок Unimach LC Ultra с излучателем 30 кВт



Рис. 2. Оптические головки



КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА ДОЛЖНА БЫТЬ СВОЯ



Андрей Тяжлов,
руководитель отдела продаж

Рынок станкостроения к себе позвал, он же определил и дальнейшее развитие станкостроительного производства с опорой на собственные разработки, многие из которых защищены патентами. На развитие станкостроительного направления работало развитие и других подразделений МСА. О каждом компоненте станка мой гид по заводу Андрей Тяжлов, руководитель отдела продаж, может рассказать отдельную историю эволюции, потому

что о каждом станке номенклатуры МСА он знает всё. Однако развитие продолжается, и сегодня, например, собственная оптическая головка имеет систему защиты от столкновений, картриджную замену защитного стекла, продвинутую систему датчиков работы головки (рис. 2). К числу удачных собственных разработок относятся линейные приводы, использование которых позволило войти в серьезный сегмент оборудования для лазерной резки благодаря высокой точности позиционирования и высоким ускорениям, а также большому ресурсу службы. От подразделения климатического оборудования МСА пришли собственные чиллеры для охлаждения лазерного излучателя, оптической головки и линейных двигателей. Отдельным предметом гордости стала функция бокового слежения для защиты от столкновения со вставшей деталью, чего, как говорит Тяжлов, нет у конкурентов. Компания самостоятельно производит электронную обвязку, платы управления головкой, платы управления лазером, получает развитие собственное программное обеспечение. Непрерывное движение к передовым технологиям, неустанная работа над компонентной базой улучшают динамические и скоростные характеристики, ведут к росту КПД, снижению цены, росту надежности станков, и всё это вместе укрепляет позиции компании на рынке.

НЕ РЕЗАКОМ ЕДИНЫМ

Станки Unimach оснащаются собственной стойкой ЧПУ, завязанной на собственное программное обеспечение (ПО), которое позволяет в максимальной мере раскрыть все возможности компонентной базы станка. В свете

нынешних событий наличие собственной системы ЧПУ просто бесценно, ведь тем, кто работал на зарубежных ЧПУ, теперь надо решать массу проблем с логистикой, поддержкой и прочим. Печатные платы на заводе также делают самостоятельно.

«Именно наше программное обеспечение позволяет взять от станка максимум возможного, — говорит Андрей Тяжлов. — Наши программисты отслеживают пожелания клиентов, тесно сотрудничают с конструкторским отделом и постоянно вносят в продукт инновационные разработки наших специалистов. В нашем ПО есть всё — от режимов резания, обработки сложных контуров и автораскладки до расчета времени резки и возможности рисования деталей. Так как Unimach разработчик управляющей программы, то мы устанавливаем ее на дополнительные рабочие места бесплатно, тогда как в других компаниях это может быть ощутимой суммой».

МСА создает станки не только под технологии раскроя и сварки металла. Оказалось, что станины для станков лазерной резки обрабатываются порталным фрезерным ОЦ собственной разработки. В некотором смысле повторилась история двадцатилетней давности, когда молодую компанию МСА перестала удовлетворять работа внешних раскройщиков металла. Обрабатывающий центр должен быть большим, чтобы в один проход делать большие станины. Компаний, которые оказывают такие услуги, немного, и оказалось, что заказывать фрезерную обработку на стороне дорого и непредсказуемо по срокам, поэтому было решено иметь свой ОЦ. Его точно так же разработали и сделали сами на линейных приводах, снабдив своим ПО. Но объемы растут, и сейчас идет разработка большого порталного фрезерного ОЦ следующего поколения. Не исключено, что однажды и он появится на рынке как отдельное коммерческое изделие, благо что запросы есть.

КАЧЕСТВЕННО ДЕЛАТЬ СТАНКИ, КАЧЕСТВЕННО ОБСЛУЖИВАТЬ КЛИЕНТА

Производственные площади МСА составляют 37 000 кв. м и состоят из нескольких производственных площадок, на которых делают разные типы оборудования. Три года назад МСА выстроила новое красивое здание завода под выпуск станков Unimach (рис. 3).

На нижнем этаже расположилось сборочное производство с возможностью одновременной сборки до 60 единиц оборудования (рис. 4–6), на верхних этажах — офисы конструкторов, программистов, сервисного отдела. Завод планировался таким образом, чтобы конструкторы и про-

граммисты всегда были рядом с производством, потому что правильно выстроенные коммуникации сотрудников разных подразделений формируют эффективно работающую команду. Вся обратная связь от опытного производства сразу поступает в КБ.

Санкции в связи с известными событиями не внесли потрясений в работу МСА. Более 80% компонентов станка в компании делают сами, то есть всё ключевое — своё. Основная доля из оставшихся 20% приходится на лазерные излучатели, и ничто не мешает МСА продолжать брать их у давнего российского партнёра, тем более что возможности лазеров «ИРЭ-Полус» позволяют удовлетворить потребности любых клиентов. Теперь, когда зарубежное оборудование стало недоступно, большие компании стали покупать станки Unimach, тем самым признав лидерские позиции МСА на рынке России и СНГ в сегменте станков для лазерного раскроя металла. У станков Unimach были хорошие перспективы выхода на различные зарубежные рынки, но внешнеполитическая повестка внесла свои коррективы — большего внимания потребовал отечественный рынок.

Сегодня стало просто очевидным, что стратегия руководства компании, направленная на создание своего станка на своей компонентной базе, ощутимые инвестиции в разработчиков обернулись устойчивостью станкостроительного бизнеса в период экономической турбулентности. Сегодня в компании несколько конструкторских отделов по разным направлениям деятельности: одни изобретают и совершенствуют электронику, другие — оптические головки, третьи занимаются механической частью станка, четвертые — системами автоматизации подачи листа на станок и сейчас работают над более функциональной системой складов под разный сортament листа. Показательно, что станки Unimach работают во всех подразделениях МСА, что не только служит им хорошей референцией, но и позволяет в полной мере прочувствовать, чего потребитель может хотеть получить от этого станка.

Линейка станков Unimach для раскроя листа насчитывает 5 серий для разных потребностей в производительности и возможностей кошелька потребителя. Это серия



Рис. 3. Новое здание завода

LC Standard, предлагаемая с излучателями мощностью 1–2 кВт; LC Master с лазером до 4 кВт; LC Professional с лазерами 4–10 кВт; LC Expert с лазерами 6–15 кВт. LC Ultra — топ-серия с мощными и сверхмощными лазерами 10–40 кВт, с ускорением до 5G. На любой станок можно добавить кабинетную защиту и сменные столы, а для серий Expert и Ultra эти опции идут уже в базе. Все серии станков, кроме LC Standard, оснащены линейными двигателями. Кроме того, Unimach выпускает специализированное оборудование для лазерного раскроя трубы: модели Lasertube и Lasertube STD. На всё оборудование в зависимости от серии стандартная гарантия составляет от 2 до 5 лет без ограничения пробега.

В договоры с клиентами на изготовление станка, как правило, закладывается 10–40 рабочих дней. Это сборка станка с нуля, тестирование, стресс-тесты, а также тесты на прочностные характеристики, промер станины с помощью очень точной системы лазерного контроля. «Поскольку мы сами осуществляем сервисную поддержку, нам важно, чтобы станок уезжал от нас максимально выверенный, чтобы меньше работы было сервисной службе в процессе эксплуатации станка», — объясняет Андрей Тяжлов.

Наш разговор плавно перешел на тему сервиса. Поскольку на МСА сами проектируют и изготавливают оборудование, то с самого начала было понимание, что сильная сервисная поддержка — одно из ключевых конкурентных преимуществ компании. Работа организована таким образом, чтобы каждый сервисный инженер обладал широким рядом компетенций и был способен решить на выезде любую задачу. Для этого персонал, который работает на сборке станков, регулярно ротируется: кто работал на сборке электронных устройств, далее может собирать механические части и так далее (рис. 7). «Такого



Рис. 4. Сборка станка



Рис. 5. Производство 12-метрового станка


Рис. 6. Сварка станины

нет, чтобы мы оставили клиента один на один с возникшей проблемой, — рассказывает Тяжлов. — У станков есть системы удаленной диагностики, при подключении стойки ЧПУ к интернету служба сервиса может диагностировать 80% возникающих проблем и также удаленно решить 90% из них. Ну а в случае, если всё-таки требуется личное участие выездного специалиста, то он поедет с уже отдиагностированным нужным новым узлом и произведет замену. Кроме того, наши клиенты знают, что они всегда могут обратиться в сервисную службу за консультацией и бесплатно её получить. Внимание к сервисной службе объясняется не только стремлением компании оперативно обеспечивать высококачественную сервисную поддержку. Сервисные специалисты — важное звено в совершенствовании продукции, потому что не только от опытного производства, но и через сервисную службу к разработчикам приходит обратная связь».

Отвечая на вопрос, кого Unimach может считать конкурентом и не опасается ли он конкуренции со стороны китайских производителей, Андрей Тяжлов оттолкнулся от слова «производитель» — то есть тот, кто производит, сам делает свои станки и начинку для них — оптические головки, ПО, пульта управления, приводы: «В текущей рыночной ситуации мы не видим конкурентов с аналогичной продукцией и аналогичными техническими характеристиками в нашей ценовой нише. Компании, которые делают крупноузловую сборку из китайских комплектующих, вряд ли можно считать российскими производителями. Мы эти компании знаем, уважаем их труд, но конкурентами не считаем. Есть китайские производители, которые умеют делать хорошие, качественные станки, но они стоят европейских денег, потому сюда это оборудование, как правило, не возится. Китайских заводов у нас в стране нет, поставляют китайское оборудование перепродавцы, а не производители, поэтому дать такую сервисную поддержку, какую может дать производитель, ни один перепродавец не сможет».

Клиентоориентированность Unimach прослеживается во всём. Компания широко использует лизинг, работая с рядом крупных лизинговых компаний. Это очень удобно для клиентов, потому что предприятий, которые могут сразу заплатить за станок, не так много. У тех компаний, которые хотят дорогое высокопроизводительное оборудование, появляется свобода манёвра собственными средствами. «Для оборудования высокой ценовой категории лизинг бывает значительно выгоднее, — объясняет Андрей Тяжлов. — Проще взять в лизинг станок и платить проценты, чем взять и заморозить большую сумму». Процедуры


Рис. 7. Участок производства электроники

взаимодействия с лизинговыми компаниями отработаны, оформление документов происходит очень быстро, что удобно и продавцу, и покупателю станков.

ЧТО ВПЕРЕДИ?

На вопрос, как видится развитие рынка станков лазерной резки, мой собеседник уверенно ответил, что станки будут идти в область более мощных лазеров: «Если 7–8 лет назад преобладали лазеры мощностью 2 кВт, 2–3 года назад — лазеры 4–6 кВт, то сегодня и лазеры мощностью 6–10 кВт становятся доступными по цене. Кроме того, несмотря на высокую стоимость, излучатель позволяет переводить часть резки черных металлов на воздух. При переходе на лазерную резку воздухом скачкообразно происходит прирост скорости резки, таким образом, снижается стоимость одного метра резки. Тенденциям рынка следуем и производим для таких машин более быстрые координатные системы серии Expert и серии Ultra».

В Unimach считают, что увеличение мощности лазеров делает для компании перспективными направления машиностроения, авиастроения и судостроения, где требуются станки с большими раскройными зонами, и сейчас на заводе делают машину со столом длиной до 18–24 м и шириной 6 м. С учетом мощных лазеров разрабатываются поворотные головы, которые позволяют снимать фаску на больших толщинах листа. Первая машина проходит тестовые испытания на предприятии, и ее выход на рынок — это вопрос ближайших полугода — года.

ТАКАЯ ВОТ ИСТОРИЯ

Каждые несколько лет компания открывает новое направление. Начав в 2003 с судовой электроники, «Морсвязьавтоматика» пришла к структуре холдинга с такими направлениями, как металлообработка, станкостроение, пропульсивные системы, климатическое оборудование, системы накопления энергии (уже разработана батарея ёмкостью в гигаватт), электрические суда, лазерные системы сварки и очистки, автономная электрогенерация, аддитивное оборудование. И везде рефреном звучит слово «своё!». Что бы за этим ни стояло — голая экономика, вынужденный шаг или интуиция, умение просчитывать риски или понимание отечественных реалий — результат управленческих решений налицо: Андриану Правдину удалось выстроить на «Морсвязьавтоматике» собственный технологический суверенитет, который в конечном счете работает на технологический суверенитет страны.

Зинаида Сацкая

СЕРВОПРИВОДЫ «ФЕРЗЬ» ОТ «ИНЕЛСО» — НОВАЯ ФИГУРА НА ПОЛЕ ПРИВОДНЫХ РЕШЕНИЙ

Компания «ИНЕЛСО» известна как дистрибьютор крупнейших мировых производителей сервоприводной продукции, но с ужесточением контроля и ограничением поставок передовых технологических решений руководство компании задумалось о собственном производстве. Компания разработала и представила участникам и гостям апрельской выставки «ЭкспоЭлектроника-2023» собственную линейку стандартных приводных решений.

Решение начать собственное производство сервоприводов не было спонтанным. Многие годы специалисты компании оказывали клиентам техническую поддержку и работали с заказчиками на всех этапах проектов: от эскизной документации до серийной поставки. Благодаря накопленному опыту удалось не только наладить долгосрочные отношения с производителями компонентов для сервоприводных решений из других стран, но и сформировать свой собственный конструкторский отдел.

Сервоприводы бренда «Ферзь» серии СВ — продукт, нацеленный на замещение изделий иностранных производителей, таких как Harmonic Drive, maxon motor, Kollmorgen, SPINEA, Allied Motion, LS Mecapion, Ketterer, WITTENSTEIN, Mitsubishi, OMRON, Siemens, Yaskawa. Это так называемые plug and play устройства, которые могут использоваться в любой технике, где требуется высокая точность позиционирования, плавность вращения вала, компактность и высокие показатели соотношения габарит — мощность. Они могут применяться в станкостроении, медицинской технике, лабораторном оборудовании, оптике, авиации, ж/д транспорте, промышленных робототехнических комплексах и др. Отечественные разработчики уже проявили интерес к новому решению.

В состав сервоприводов входит: моментный двигатель, волновой редуктор и датчик на валу мотора. В качестве опций может быть дополнительно установлен датчик на выходной вал редуктора и тормозная муфта.

Технические характеристики сервоприводов серии СВ «Ферзь»:

- наличие полого вала до 39 мм;
- номинальный момент от 9 до 420 Нм/пиковый 841 Нм;
- выходные скорости вращения до 70 об/мин;
- возможность установить тормозную муфту в сервопривод;
- до двух датчиков обратной связи в сервоприводе;
- возможность выбора типов (инкрементальный, абсолютный) и технологий (магнитный, оптический, индуктивный) датчиков;
- низкий люфт: ≤ 10 угловых секунд;
- широкий модельный ряд применяемых двигателей позволяет работать с различными напряжениями питания.

Каждый из датчиков может быть абсолютным, что позволяет не только сохранить информацию о положении в экстренной ситуации, но и продолжить работу без возврата к нулевой точке. Наличие в составе сервопривода постоянно сомкнутых тормозных муфт обеспечивает надежность сохранения положения нагрузки в том месте, в котором и произошло экстренное отключение электропитания. Все используемые двигатели являются бесколлекторными и имеют встроенные датчики температуры. Напряжение питания двигателей — 48 В, но также они могут поставляться и в других вариантах с напряжением: 24 В, 27 В, 36 В, 320 В или 600 В.



Линейка сервоприводов включает в себя 6 габаритных размеров (14, 17, 20, 25, 32, 40) в двух исполнениях с различными опциями. Также компания предлагает модификации и разработки сервоприводов под заказ по ТЗ заказчика. Благодаря гибкой системе конфигурирования стандартного продукта, а также разнообразию возможных комбинаций компонентов привода модульные сервоприводы Ферзь образуют более 1 500 000 вариантов. В сервоприводах используются как отечественные, так и компоненты из стран, которые не попали под ограничения.

Создавая сервоприводы «Ферзь», конструкторы «ИНЕЛСО» учли актуальные требования, предъявляемые к сервоприводам: идеальное взаимодействие между двигателем, редуктором, системой обратной связи двигателя и контроллером. «Ферзь» — это готовое к использованию устройство, не требующее доработки, сборки или адаптации на территории заказчика. Выходной подшипник обеспечивает возможность прямого крепления больших грузов без дополнительного оснащения подшипниковыми узлами на стороне заказчика, таким образом обеспечивая простую и компактную конструкцию.

Данная продукция не только разработана конструкторским отделом «ИНЕЛСО», но и самостоятельно производится в Санкт-Петербурге, что дает «ИНЕЛСО» право указывать соответствующее происхождение товара.

Компания не собирается останавливаться на достигнутом. Параллельно с проектом по созданию собственной линейки сервоприводов конструкторским отделом ведется работа по еще одному проекту — собственным энкодерам. Они будут использоваться в производимых сервоприводах, а также выступать в качестве самостоятельного продукта. И, конечно, «ИНЕЛСО» как дистрибьютор продолжает представлять широкий перечень групп товаров ведущих компаний: двигатели, редукторы, контроллеры, источники питания, датчики, электронные компоненты и др., который позволяет подобрать решение под задачи любой сложности.

ЭЛЕКТРОННЫЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ

ИНЕЛСО



ФЕРЗЬ СЕРВОПРИВОДЫ

**МОТОРЫ
РЕДУКТОРЫ
ДАТЧИКИ
КОНТРОЛЛЕРЫ
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ**

Приводные решения, энкодеры
и инерциальные датчики,
источники питания и ЭК мирового уровня
без ограничений поставок



www.inelso.ru

inelso.ru

+7 (812) 628-00-16

sales@inelso.ru

ASSUN
DRIVING THE FUTURE

FEDAC
Automation Control

РИОН RION TECH

АЭП

Han's Motion

MW
MEAN WELL

Stefan Mayer Instruments
Fluxgate Magnetometers & more

micronel
Miniature Fan & Blower Technology

DELTA
ELEKTRONIKA
DC POWER SUPPLIES

MMIC
珠海微电子

Лаборатория
Микроприборов

Elmo
Motion Control

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
АНДРОИДНАЯ ТЕХНИКА

vishan 唯川

BLITZSensor

Innalabs
www.innalabs.com

Preen

Celera
MOTION
A Novanta Company

MicroE
Encoders
Ingenia
Servo Drives
Zettlex
Inductive Encoders
Applimotion
Motors & Actuators

КАК ВЫБРАТЬ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ?



Чтобы гарантировать качество и надежность своей продукции, производители испытывают ее на устойчивость к вибрации. В этом материале мы расскажем, что нужно учитывать при выборе оборудования для проведения вибрационных испытаний.



Дмитрий Попков,
руководитель учебного
центра предприятия
«Висом»,
преподаватель кафедры
вычислительной техники
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
+7 (4812) 777-001,
popkov@visom.ru

ТРИ ЧАСТИ ЦЕЛОГО

Область виброиспытаний — обширная инженерная дисциплина, в которой трудятся конструкторы, специалисты по контролю качества, ученые, работники институтов и технических лабораторий, инженеры и метрологи.

В их арсенале есть три ключевые составляющие:

- спецификация испытаний,
- вибрационная испытательная система,
- объект испытаний.

Разберемся с каждым пунктом в отдельности.

СПЕЦИФИКАЦИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Выбор оборудования начинается с четкой постановки задач — они перечисляются в спецификации, нормативной документации или в стандартах, которые помогают выбрать нужные типы испытаний из множества (рис. 1). Например:

• ГОСТ 28203-89 (Синус). Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания.



Рис. 1. Пример доступных типов вибрационных испытаний в программе VisProbe SL. Спецификация уточняет, какие именно опции нам пригодятся для работы

Испытание Fc и руководство: вибрация (синусоидальная).

• ГОСТ 28220-89 (ШСВ). Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Вибрация (ШСВ).

• ГОСТ 30630.1.2-99. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие вибрации.

• ГОСТ Р 51371-99. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие ударов.

• ГОСТ 30630.5.4-2013. Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. Землетрясения.

• ГОСТ РВ 0020-57.305-2019. Комплексная система контроля качества. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения.

• Другие стандарты, предусмотренные в конкретной отрасли и/или организации.

ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Вибрационная испытательная система — необходимая часть для создания и воспроизведения заданных механических колебаний. Они подаются на объект испытаний и позволяют имитировать стандартные условия вибрации или воспроизводить ранее записанные. В основном это необходимо для изучения свойств испытываемой конструкции и выявления скрытых дефектов.

ВИБРАЦИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА СОСТОИТ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ ЧАСТЕЙ (рис. 2):

- вибростенд;
- система управления виброиспытаниями (контроллер или СУВ);
- усилитель мощности;
- датчики вибрации;
- ноутбук или компьютер с ПО для задания режима испытания.

В зависимости от параметров объекта испытания и спецификации у вас может быть один или несколько вибростендов, усилителей, систем, датчиков, объединенных в одну установку.

С ЧЕГО НАЧАТЬ ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ?

Возьмите спецификацию, согласно которой планируется проведение испытания, и отметьте для себя следующие характеристики:

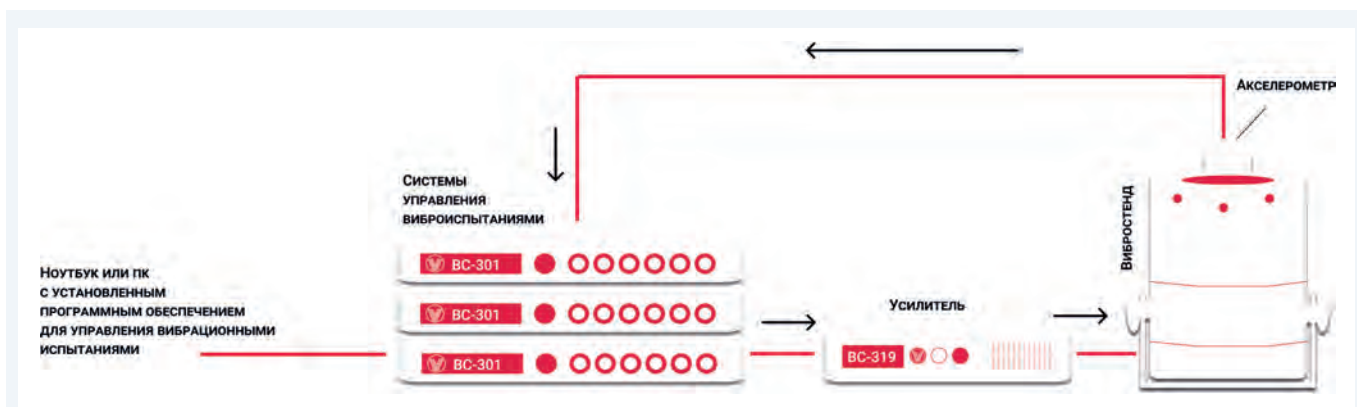


Рис. 2. Упрощенная схема вибрационной испытательной системы

- частотный диапазон тестирования (он понадобится при выборе контроллера и вибростенда);
- пиковые величины перемещения, скорости и ускорения;
- типы тестов (синусоидальная вибрация, широкополосная случайная вибрация, виброудар, классический удар и другие);
- масса и габариты вибростола и оснастки;
- как должно крепиться тестируемое изделие;
- статическое и динамическое положение центра тяжести объекта испытания;
- количество точек, по которым должны собираться данные во время испытаний.

Иногда может потребоваться дополнительная оснастка, ее размер и вес тоже необходимо учитывать заранее. Кроме того, общая движущаяся масса на вибростенде должна учитываться при расчете режима.

ПРИМЕРЫ УСТАНОВОК

На вибростенде установлена модель вертолета (объект испытаний), на которой закреплено 8 датчиков. Один датчик — один входной канал системы. Для испытания этого объекта использованы две четырехканальные системы, один усилитель мощности для стенда (рис. 3).

Если мы используем два вибростенда (рис. 4) и более, то говорим о проведении многостендовых вибрационных испытаний. В составе установки на фото один контроллер, ноутбук с ПО, два усилителя (по одному на каждый вибростенд), два датчика (на одном на вибростенде) и сам объект испытаний (труба). Многостендовые испытания в другом масштабе показаны на рис. 5: два вибростенда и усилителя, две многоканальные системы для сбора данных по большому числу точек, ноутбук с ПО. Также мы имеем в виду многостендовые испытания, когда нужно проверить объект в нескольких осях (рис. 6).

КАК ВЫБРАТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВИБРОИСПЫТАНИЯМИ (рис. 7)?

Контроллер — основная часть установки, от того, насколько он будет функционален, зависит качество проведения испытаний. Перед выбором конкретной модели изучаем спецификацию и ГОСТы, по которым проводятся испытания. Обращаем внимание на следующие параметры системы:

- количество входов для измерения напряжения,
- количество выходов для воспроизведения напряжения,
- необходимые типы испытаний,
- количество степеней свободы испытаний,

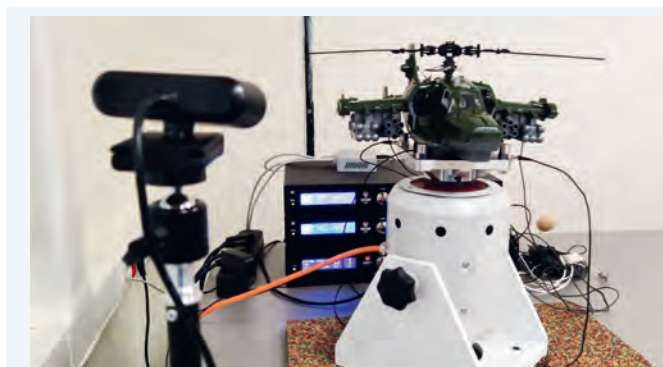


Рис. 3. Модель вертолета на вибростенде



Рис. 4. Использование при испытаниях двух вибростендов



Рис. 5. Многостендовые испытания крупногабаритных изделий



Рис. 6. Вибрационные испытания по 8 степеням свободы с применением 8 вибростендов



Рис. 7. Система управления

- частотный диапазон (Гц),
- напряжение питания (В),
- частота питающего напряжения (Гц),
- рабочие температуры,
- разрешение ЦАП/АЦП и другие параметры.

Исходя из опыта, рекомендуем взять систему, возможности которой на 20–30% больше необходимых.

ЧТО ВАЖНО УТОЧНИТЬ ДО ПОКУПКИ:

• **Входит ли прибор в Госреестр СИ РФ.** Нередки случаи, когда компании в погоне за низкой стоимостью закупили систему с плохо переведенными инструкциями, программным обеспечением или без надлежащей техподдержки. Чтобы обезопасить себя от такой ситуации, проверьте, состоит ли прибор в Госреестре средств измерений РФ и какие компании уже приобрели его для эксплуатации.

• **Работает ли контроллер по принципу обратной связи.** В этом случае все критически важные вычисления должны производиться непосредственно в контроллере — это обеспечит высокую скорость реакции системы, точность измерений и управления.

• **Есть ли встроенная система безопасности.** Речь идет о режиме предстартовой проверки и наличии кнопки «Стоп» на передней панели прибора, которые обеспечивают сохранность оборудования.

• **Масштабируется ли система.** Со временем задачи испытаний могут поменяться, поэтому уточняйте заранее, способна ли приобретаемая система увеличить количество каналов относительно приобретенных, можно ли открыть дополнительные опции испытаний в программном обеспечении после покупки.

• **Типы датчиков,** которые можно подключить к контроллеру. Чем больше список доступных вариантов — тем лучше.

• **Выпускаются ли обновления ПО контроллера.** Сфера испытаний совершенствуется, если фирма регулярно внедряет улучшения, — это тоже гарантирует качество и долгий срок работы продукции. Даже в случае выпуска обновлений уточните заранее, платная ли это услуга и как будет предоставляться доступ.

• **Доступные типы испытаний** — сколько их в арсенале программного обеспечения и контроллера. Можно провести испытания только синусом, ударом и ШСВ или доступны многостендовые испытания в одной или нескольких осях.

• **С какими типами вибростендов работает система** и насколько автоматизирован процесс испытаний.

• **Есть ли автоматизированные отчеты по итогу испытаний.** Можно ли настроить их под конкретные задачи компании, можно ли внедрить собственный шаблон.

• **Межповерочный интервал системы.** Чем он больше, тем реже будет требоваться процедура поверки, соответственно, на этапе закупки уже будет сэкономлена часть средств на дальнейшую эксплуатацию.

• **Срок гарантии** от производителя и условия его продления. Нередко производители идут навстречу клиентам, которые проводят поверку приборов на их же базе, и продляют гарантийный срок до следующей поверки.

Чтобы убедиться в правильности выбора, вы можете запросить демоверсию программного обеспечения, ролики с примерами эксплуатации оборудования, а также проведение удаленных испытаний — в этом случае параметры испытаний вы можете задать онлайн и посмотреть на работу установки в демонстрационной зоне производителя.

НА ЧТО ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ ВИБРОСТЕНДА

Вибростенд — исполнительный орган, его свойствами также определяются характеристики вибрационной установки (рис. 8). Существуют пьезоэлектрические, гидравлические, резонансные, механические, электромагнитные, электродинамические, магнитострикционные и другие виды.



Рис. 8. Небольшой электродинамический вибростенд с подключенным датчиком, контроллер и усилитель

Чаще всего для вибрационных испытаний применяют электродинамические вибростенды, хотя ГОСТ Р ИСО 10813-1-2011 рекомендует в том числе гидравлические и механические вибростенды.

Для выбора этой части установки используют:

• требования в спецификации с учетом характеристик объекта испытания;

• ГОСТ Р ИСО 10813-1-2011 / ISO 10813-1:2004 «Вибрация. Руководство по выбору вибростендов. Часть 1. Оборудование для испытаний на воздействие вибрации»;

• ISO 10813-2:2019 — Вибростенды. Руководство по выбору. Часть 2. Оборудование для определения динамических свойств конструкций: описание стандарта и тендеры.

К ТИПОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ВИБРОСТЕНДА ОТНОСЯТСЯ:

- диапазон частот в Гц;
- номинальная вынуждающая сила в ньютонах;
- допустимая статическая нагрузка в кг;
- пределы перемещения (амплитуда в мм);
- пределы скорости и ускорения;
- коэффициенты гармоник и поперечных составляющих;
- неравномерность коэффициента нелинейных искажений;

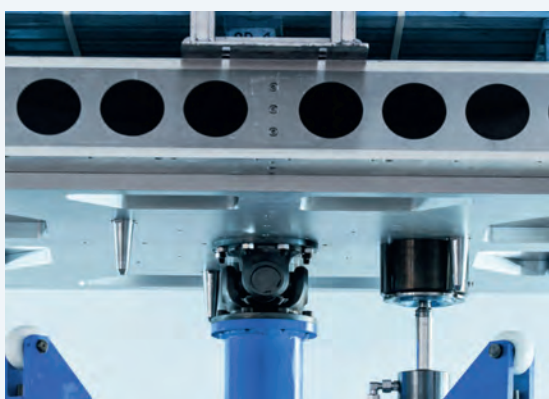


Рис. 9. Пример оснастки



Рис. 10. Датчики вибрации и тензоусилитель предприятия «Висом»

- резонансные частоты вибростенда в Гц;
- габариты и вес;
- параметры питания и другие характеристики.

При поиске такого рода продукции рекомендуем рассмотреть вибростенды отечественных компаний «Ростех», «Точрадиомаш» и «Вибротрон», которые входят в Госреестр средств измерений РФ и обеспечивают точное проведение испытаний с учетом заданных параметров.

ОСНАСТКА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ИСПЫТАНИЙ

Главная задача оснастки — передавать вибрацию к объекту испытаний без искажений, которые могут негативно повлиять на результаты испытаний.

Для этого испытываемый объект крепится к столу вибростенда с помощью специальных приспособлений: переходных пластин, встроенных креплений на расширительном столе, а также уголковых, Т-образных и П-образных деталей. В отдельных случаях для объекта создаются индивидуальные оснастки.

При многостендовых одноосевых испытаниях применяют вывешивание, пружины, муфты, гидростатические подшипники. В случае с трехосевыми стендами оснастка может быть встроена внутрь расширительного стола.

КАКИЕ ДАТЧИКИ ВИБРАЦИИ ИСПОЛЬЗУЮТ ЧАЩЕ ВСЕГО?

Вибрацию, передаваемую испытываемому образцу, нужно задавать и измерять. Измерения проводятся обычно с помощью одного или более акселерометров, но где и как должны быть установлены датчики, является важным моментом, и его нужно учитывать при разработке стратегии испытаний.

Датчики вибрации могут выполнять разные роли:

- использоваться для обратной связи при управлении вибростендом;
- собирать данные ускорения, скорости, деформации, силы, температуры, перемещения и другие параметры;
- контролировать и ограничивать вибрацию на объекте испытаний.

Основные типы:

- ICP, TEDS, с линейным выходом по напряжению, зарядовые (по типу подключения);
- пьезоэлектрические, емкостные, лазерные, тензо (по измерению параметров);
- другие.

Чаще всего для испытаний применяют пьезоэлектрические акселерометры со встроенными усилителями, в которых выходной сигнал пропорционален ускорению. Напри-

мер, ДВ-351 от предприятия «Висом» (рис. 10), AP2037-100 от Globaltest, 1V151HC-00 от GTLab.

В случае если нужно, чтобы датчик минимально влиял на массу объекта испытания, используются бескорпусные модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надеюсь, что этот материал помог разобраться в базовых частях вибрационной установки, дал опору на нормативную базу при проведении испытаний и будет полезен при выборе оборудования на практике.

Для экспертов в области виброиспытаний отмечу, что сознательно уходил от формул, изощренных схем и сложных терминов — всего, что усложнит понимание ответа на вопрос в статье для тех, кто впервые столкнулся с задачей подбора оборудования и виброиспытаний.

Спасибо за внимание!



ВИСОМ

всё для

ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ



+7 (4812) 777-001
info@visom.ru
г. Смоленск

www.visom.ru



ГРАБЛИ, ИЛИ КАК НЕ СТОИТ УЛУЧШАТЬ СТАНОК



Людей в мире много, а толковых идей мало. Именно поэтому хорошая идея часто приходит в голову сразу многим. Науке известны закон Бойля – Мариотта, уравнение Менделеева – Клайперона и даже условия Коши – Римана Даламбера – Эйлера. И уж если на передовом крае знаний очень-очень умные люди мыслили одинаково, то что говорить о нас, простых инженерах? Мы постоянно в своих рассуждениях и расчётах приходим к одним и тем же выводам. Однако вывод — это ещё не всё.



**Александр
Владимирович
Дудинский**
ООО «Модмаш-софт»

Философы учат: критерием истины является практика. Впрочем, сами они этим не пользуются, считая достаточным доказательством своей правоты последовательность логических рассуждений. Нам, технарям, так нельзя. Мы имеем дело с материальными объектами, имеющими бесконечное число неправильных состояний, при которых они не работают, и только одно исправное.

Для нас, инженеров, логический вывод — это только проект, подготовительный материал, требующий практической проверки. Для безупречно правильного вывода нужно иметь полный объём данных, влияющих на результат, а в наших реальных материальных, технических условиях слишком многие факторы неочевидны или недоступны для оценки и измерения. Одних знаний мало, нужна практика, тестирование, эксперимент, опыт.

Ниже я привожу примеры идей, которые регулярно появляются у наших коллег и клиентов — станкостроителей. Эти технические решения выглядят логично, но имеют не сразу заметные изъяны. Это не рейтинг. Порядок случайный. Надеюсь, этот список поможет кому-то лишний раз не наступить на грабли.

А давайте поставим линейки — и точность повысится

Идея. Есть станок с ЧПУ, где датчики осей расположены на двигателях и одновременно служат датчиками для приводов. Понято, что между датчиком и деталью есть механическая передача, состоящая из муфты, ходового винта и гайки. Иногда ещё есть редуктор. Показания датчика на двигателе отличаются от истинного положения инструмента за счёт погрешностей механических передач и люфтов в них. Если на стол станка установить линейный датчик положения, ЧПУ получит более точное положение.

Хорошо. Да, точность позиционирования станет той, которую обеспечивает линейка, и даже выше при использовании компенсации накопленных погрешностей в УЧПУ серии FMS-3000.

Плохо. Если в механической передаче между двигателем и линейным датчиком есть люфт, то этот люфт окажется внутри контура управления положением. Из-за склонности к колебаниям такую ось нельзя использовать как полноценную интерполируемую.

Когда нет смысла. Если механика станка хорошая и нет значительного люфта с компенсацией накопленных погрешностей в УЧПУ, точность положения с датчика двигателя будет не хуже, чем с линейки. Заметим, что линейка, безусловно, даст меньшую ошибку от температурного расширения. Но действительно точный станок должен работать в помещении с постоянной температурой, с исправной смазкой и охлаждением, с повторным измерением и вводом таблицы погрешностей перед особо точными работами.

Если механика станка плохая, то даже при наличии люфта и использовании датчика на двигателе люфт вне контура положения можно скомпенсировать. УЧПУ серии FMS-3000 имеют компенсацию и постоянного люфта, и люфта, зависящего от положения оси, например, при неравномерном износе ходового винта.

Когда есть смысл. УЧПУ серии FMS-3000 имеют возможность настроить упрощенное управление осью с точным позиционированием, но без обратной связи по положению во время движения. При этом обеспечивается движение без колебаний и точный выход в заданную точку. Устанавливать линейки имеет смысл, если на оси неточная механическая передача, но эта ось не участвует в интерполяции с другими осями. Это в первую очередь касается станков сверлильных и расточных, где нет сложного формообразования, но важна точность межосевых расстояний.

А давайте возьмём обычный универсальный станок, поставим двигатели и сделаем из него станок с ЧПУ

Идея. Имеется фрезерный или токарный универсальный станок с механическими передачами на ходовые винты от ручных маховиков или с раздачей от двигателя шпинделя через коробку скоростей для нарезания стандартной резьбы. Если вместо маховиков поставить двигатели, такой станок можно подключить к ЧПУ и он сможет работать по программе.

Хорошо. Да, будет работать по программе.



Плохо. УЧПУ заставляет станок работать интенсивней, чем рабочий, с большими скоростями и ускорениями. Если на станке передачи сделаны не на ШВП, а трапецидальными винтами с бронзовыми гайками, такой станок быстро изнашивается. Затраты на оснащение двигателями, приводами и УЧПУ не маленькие.

Когда нет смысла. Если на станке нет ШВП и станок небольшой. Цены станков пропорциональны их массе, а цены электрооборудования нет. Надо помнить, что при увеличении хода оси в два раза масса и цена станка будут в 8 раз больше. При этом мощность и цена двигателей и электроприводов к ним вырастет всего в два раза, а цена УЧПУ вообще не изменится.

Когда есть смысл. Тяжелые станки массой в десятки тонн, где цена переоснащения в разы меньше цены покупки нового станка с теми же характеристиками, даже если механика осей не позволяет сделать их интерполируемыми. По моему мнению, не претендующему на точность, станки массой до тонны имеют смысл ремонтировать с заменой электрооборудования только в случае уникальной, редкой и точной механики, а вот сдавать в металлолом станки массой свыше 10 тонн глупость и вредительство.

А давайте поменяем на шпинделе двигатель постоянного тока на асинхронный той же мощности

Идея. На станке имеется двигатель постоянного тока с независимым возбуждением и привод к нему (обычно на шпинделе). Привод вышел из строя, заменить нечем, да и у двигателя давно стёрся коллектор. На двигателе написано 5 кВт. Берём асинхронный двигатель тоже 5 кВт с приводом, заменяем.

Хорошо. Недорого, подходит по габаритам, нужная скорость есть.

Плохо. При резании детали шпиндель встаёт.

Когда нет смысла. Нельзя выбирать двигатель по мощности. Двигатели постоянного тока с независимым возбуждением работают при полном напряжении возбуждения с постоянным моментом до номинальной скорости. Выше номинальной скорости двигатель работает с постоянной мощностью. При этом момент изменяется обратно пропорционально скорости. Номинальные скорости у двигателей постоянного тока с независимым возбуждением обычно низкие. Например, 800 об/мин или даже 600.

Когда есть смысл. Выбирать асинхронный двигатель по моменту. Если старый двигатель постоянного тока имел номинальную скорость 800 об/мин и мощность 5 кВт, то

для его замены потребуется асинхронный двигатель с 2 парами полюсов мощностью $5 \cdot 1500/800 = 9.4$ кВт, так как номинальная скорость асинхронного двигателя, до которой он работает с постоянством момента, 1500 об/мин (минус скольжение, конечно).

А давайте поставим субмикронный датчик

Идея. На станке устанавливаем линейки с дискретностью меньше микрона.

Хорошо. Можем на УЧПУ видеть индикацию положения в миллиметрах с четырьмя и более знаками после запятой.

Плохо. Не можем остановиться с точностью до того же знака.

Когда нет смысла. Если приведённая дискретность датчика на двигателе на порядок больше.

Когда есть смысл. Когда станок специально сконструирован для таких точных перемещений. Гранитная станина, точные направляющие и механические передачи, двигатель, способный обработать такие перемещения. Дискретность датчика не означает такую же его точность.

А давайте управлять от одного УЧПУ двумя станками

Идея. Если одно УЧПУ может управлять станком с 10 осями, то почему бы не управлять сразу 5 станками по две оси на каждом?

Хорошо. Вместо нескольких устройств (процессоров, дисплеев, памяти) одно. Экономия.

Плохо. Неудобно для оператора. Неисправность на одном станке может выключить все.

Когда нет смысла. Когда это действительно разные станки. Экономия на устройстве не покрывает убытки по монтажу и обслуживанию.

Когда есть смысл. Когда это на самом деле один станок, на котором одна деталь обрабатывается или последовательно в разных позициях, или одновременно несколькими независимо работающими инструментами. УЧПУ серии FMS-3000 имеют возможность одновременного выполнения нескольких программ обработки. Эти программы могут дожидаться окончания работы друг друга.

А давайте установим в УЧПУ программу для подготовки программы по математической модели формы детали.

Идея. УЧПУ — это тот же компьютер, который одновременно может выполнять несколько программ. Если одной из них будет система CAD/CAM, на УЧПУ можно будет





и проектировать детали, и сразу их делать.

Хорошо. Не потребуется отдельный компьютер.

Плохо. Органы ручного ввода информации на УЧПУ (клавиатура, тачпад, тачскрин) не так удобны, как на офисных компьютерах. Пульт УЧПУ предназначен для работы со станком, обычно

стоя, а не сидя. Операционная система в УЧПУ реально во времени, она отличается от тех, которые используются в офисных компьютерах. Большинство известных систем CAD/CAM в этой операционной системе не работают.

Когда нет смысла. Во время обработки процессор УЧПУ может быть занят первоочередными задачами настолько, что выполнение менее важных задач будет задерживаться. Например, может замедляться индикация. Поэтому во время работы УЧПУ с деталью программы CAD/CAM могут выполняться медленно, с задержкой реакции на ввод данных оператором. Работа с CAD/CAM при остановленном станке — это простой станка. Час работы станка во много раз дороже часа работы компьютера.

Когда есть смысл. Когда станок используется для редких разовых работ и его простой во время подготовки программы всё равно будет. Кроме того, нужна система CAD/CAM, способная работать в операционной системе УЧПУ.

А давайте выкинем коробку скоростей, а скорости будем регулировать приводом двигателя

Идея. Есть станок с коробкой скоростей для шпинделя. Двигатель работал на одной скорости, скорости шпинделя переключались коробкой. Если двигатель оснастить системой управления скоростью, можно получить все нужные скорости без переключения коробки, изменяя только скорость двигателя.

Хорошо. Да, все нужные скорости будут.

Плохо. Понижающие передачи снижали скорость, но повышали момент силы. При управлении двигателем максимальный момент будет постоянным при скоростях от нуля до номинальной, а при превышении номинальной скорости начнёт пропорционально уменьшаться.

Когда нет смысла. Если усилия резания могут оказаться выше номинального момента двигателя, двигатель встанет. Или понадобится двигатель значительно большей мощности.

Когда есть смысл. Когда нагрузки заведомо меньше номинального момента двигателя.

А давайте на токарном станке делать шнек с переменным шагом

Идея. Деталь типа шнек с переменным шагом много где используется. Например, винт в мясорубке. В термо-

пластавтоматах, в насосах. Обычно такие детали изготавливают на фрезерных станках с четырьмя осями. Но с точки зрения токарной обработки это просто нарезание резьбы с переменным шагом.

Хорошо. УЧПУ серии FMS-3000 могут выполнить на токарном станке многопроходную обработку с переменным шагом.

Плохо. Токарный резец за один проход снимает гораздо меньше металла, чем фреза. Изготовление такой детали на токарном станке займёт очень много времени.

Когда нет смысла. Для массового производства потребуется слишком много часов работы станка.

Когда есть смысл. Когда работа разовая и много свободного времени.

А давайте на токарном станке шпиндель сделаем поворотной осью для фрезерной обработки

Идея. Есть токарный станок, на котором вместо резца можно использовать вращающуюся фрезу, приводной инструмент. Можно фрезеровать в простейшем случае шпоночные пазы или плоскости многогранников. А при интерполяции с осью Z технологические возможности станка выходят на новый уровень. Спиральные канавки без выхода, шнеки и ещё много того, что на обычном токарном станке сделать или невозможно, или неудобно. Поставим датчик с дискретностью 0.01 градуса, а лучше 0.001 градуса на шпиндель — и получим нужную точность.

Хорошо. УЧПУ серии FMS-3000 позволяют использовать один и тот же электропривод и датчик, и как шпиндель, и как полноценную интерполируемую ось.

Плохо. Шпиндели токарных станков, если только передача с двигателя не 1:1, имеют два датчика. Один на шпинделе, другой на двигателе, и оба типа инкрементальный энкодер. Для того чтобы двигатель можно было остановить в точке по датчику шпинделя, датчик двигателя должен иметь число импульсов на оборот не меньше, чем датчик шпинделя. Но привод шпинделя имеет ограничение по частоте импульсов с датчика. Обычно это 300, реже 500 кГц. Для дискретности 0.01 градуса необходим датчик 9000 импульсов на оборот. При вращении на скорости всего 3000 об/мин частота будет уже 450 кГц.

Когда нет смысла. Когда на двигателе инкрементальный энкодер.

Когда есть смысл. Когда на двигателе абсолютный энкодер с достаточным числом бит на оборот, а сам привод имеет широкий диапазон регулирования. Для режима шпинделя требуются тысячи оборотов в минуту, а для режима оси — единицы градусов в минуту. Можно использовать и инкрементальные датчики, если привод двигателя имеет возможность подключить два датчика и переключать наборы параметров. Но лучшим решением тут будет использовать два двигателя и два электропривода: асинхронный для режима шпинделя и синхронный для режима оси с механическим переключением. Надеюсь, все понимают, почему нельзя не отключать механику и вращать синхронный двигатель асинхронным.

ООО «Модмаш-Софт» выполняет работы по модернизации станков с ЧПУ под ключ.

Тел. +7 (831) 220-31-29

info@modmash.ru, www.modmash.ru



V МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА И СМЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Время проведения **13–16 ноября 2023 г.**
Место проведения **Cosmos Izhevsk Hotel**
Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Бородина, д. 25

Цель конференции: представление и обсуждение новейших научно-технических достижений в области электронно-лучевой обработки (сварки, наплавки, термообработки, нанесения покрытий и т.п.), аддитивного производства, диагностики и контроля материалов.

Основные разделы программы проведения конференции

- Физические процессы при обработке концентрированными потоками энергии.
- Технологии электронно-лучевой сварки, наплавки, термообработки, нанесения покрытий и др.
- Аддитивные технологии.
- Оборудование для электронно-лучевой обработки.
- Сварочное материаловедение, прочность, контроль и диагностика сварных соединений.

Условия участия

1. Участие **с докладом/без доклада** (крайние сроки для отправления)

Заявка для участия до **15 октября 2023 г.**

2. Участие в конференции: **бесплатное**, регистрационный взнос не предусмотрен.

3. Русскоязычные доклады конференции, успешно прошедшие рецензирование, будут размещены в Научной электронной библиотеке (НЭБ) – eLibrary.ru, интегрированной с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ).

4. **Официальный язык** конференции: **русский и английский**.

5. **Проживание:** участники конференции могут бронировать места в гостиницах г. Ижевска по предварительному согласованию с оргкомитетом конференции либо сделать это самостоятельно.

О бронировании гостиницы в Ижевске через оргкомитет конференции нужно сообщить **до 30 сентября 2023 г.**



Контакты: тел. +7 (495) 362-70-48 / +7 903-717-90-25, e-mail: ebw2023@mail.ru, сайт: <http://ebw.mpei.ru>



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

Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге

MVK Международная
Выставочная
Компания

+7 (812) 401 69 55
expocoating@mvk.ru

Подробнее о выставке:

expocoating-moscow.ru

Гальваническое оборудование

Покрытия и оборудование для их нанесения

Оборудование и материалы для обработки поверхности

Оборудование и материалы для очистки сточных вод, воздухоочистки и утилизации отходов

24|25|26
ОКТАБРЯ
2023

Москва, Крокус Экспо



WAAM ДЛЯ ВЕРТОЛЕТОСТРОЕНИЯ



Фото: Авиару.рф

Аддитивная 3D-печать заготовок металлических деталей по технологии проволочного дугового сплавления WAAM позволяет уйти от брака, свойственного литым заготовкам, и выдерживать сжатые сроки сдачи машин.

Ф.А. Шамрай, MBA, Ph.D,
директор компании «ТринитиТех»
в группе «Моментум»
Shamrai_fa@trinity-tech.industries.com

А.И. Куракин,
главный инженер компании «ТринитиТех»
в группе «Моментум»

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что технология Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) известна давно, только сейчас она начинает свой путь внедрения в промышленность. Это связано с необходимостью сочетания роботов, цифровых сварочных источников, инструментов CAD/CAM/CAE, связанных комплексом материаловедческих и теплотехнических задач. Именно этим объясняется малое количество компаний, достигших индустриального уровня освоения технологии. Это Relativity Space (США), WAAM3D (Великобритания), AML3D (Австралия), RAMLAB (Нидерланды), MX 3D (Нидерланды), GEFERTEC GMBH (Германия). В России также есть компании, которые располагают потенциалом индустриализации.

WAAM завоевывает позиции в отраслях, требующих сертификации. Технология получила одобрение в American Petroleum Institute, Lloyd's Reg., American Society of Mechanical Engineers, Bureau Veritas Marine & Offshore, DNV, GL и других.

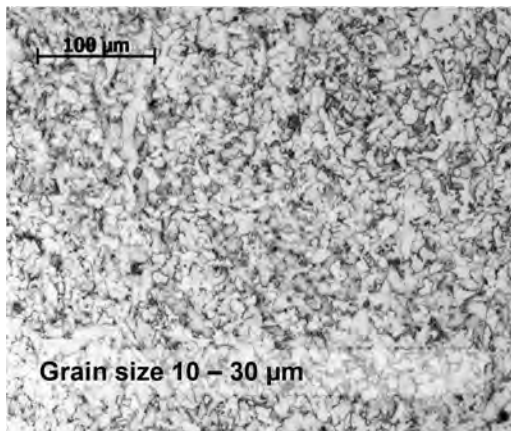


Рис. 1. Структура стали Св-08Г2С, выращенной WAAM

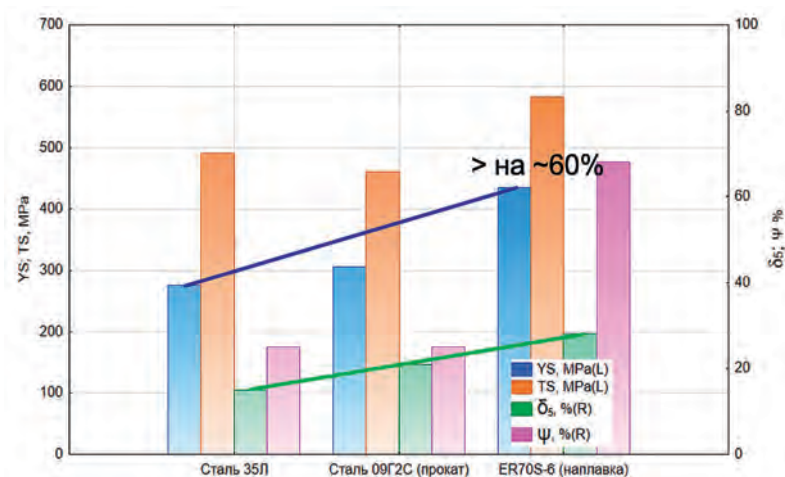


Рис. 2. Механическое совершенствование материалов в технологии WAAM

WAAM обладает преимуществами перед литейной технологией: получение заготовки без брака, цикл производства короче, меньше припуски на механическую обработку.

Благодаря найденным технологическим приемам мы получаем хорошую структуру металла (рис. 1). Размер неметаллических включений в технологии WAAM менее 20 мкм. Надо отметить, что это без специальных мероприятий, направленных на повышение качества. Хорошее структурное качество обеспечивает существенно лучшие по сравнению с литьем механические характеристики (рис. 2).

Нами освоены технологии бионического конструирования и производства деталей (рис. 3, 4). В результате этого кронштейны получают более легкие и дешевые, чем произведенные по сварочной сборочной технологии. При этом бионические кронштейны более жесткие.

На рис. 5 представлено предложение по выращиванию WAAM-изделия «Кронштейн 800.00.1925.0541 узла перекоса лопасти». Для выращивания кронштейна мы подобрали сталь со следующими характеристиками (таблица 1). Вес литой заготовки составляет 3,8 кг, вес WAAM-заготовки — 2,9 кг. Вес обработанной детали 2,6 кг. Себестоимость заготовки WAAM ~5000 рублей/шт.

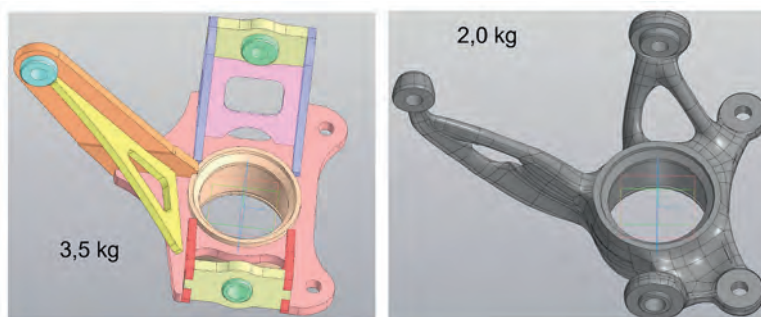


Рис. 3. Снижение веса кронштейна за счет использования бионического дизайна



Рис. 4. Выполненные с помощью технологии WAAM сложные пустотелые бионические кронштейны без использования технологических поддержек



Рис. 5. Кронштейн 800.00.1925.0541 узла перекоса лопасти



Рис. 6. Фюзеляж. Фото: <https://hdpic.club/>

Представляется очень интересным направлением выращивание бионического силового каркаса фюзеляжа как одной детали, без сборочных единиц (рис. 6). Очевиден выигрыш по сокращению трудоемкости и сокращению производственного цикла. Возможен выигрыш по весу и себестоимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для всех типов серийности технология производства металлических заготовок по технологии WAAM обеспечивает лучшие свойства, отсутствие брака, меньшую себестоимость по сравнению с литыми заготовками.

2. Более прочная сталь и возможность применения бионического конструирования открывают конструкторам возможность снижения веса деталей до двух раз.

Таблица 1. Сравнение свойств литого и выращенного кронштейна

Свойства WAAM (литья 30 ХГСЛ)				Ударная вязкость, KCV	
Временное сопротивление разрыву, МПа	Предельная текучесть, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Т испытания, °С	Минимум Дж/см ²
минимум					
770 (600)	690 (350)	18 (14)	60 (25)	-40	80 (40)
				-60	60

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Начало 2023 года характеризуется массовым оттоком из России иностранных фирм – поставщиков твердосплавного инструмента, доля поставки которых на российский рынок составляла 93–95% потребляемого объема. Остальные 5–7%, соответственно, приходились на отечественных производителей.

Александр Иванович Пьянов, к.т.н.
Андрей Александрович Кужненко, к.т.н.
e-mail: andreywap@mail.ru

Компенсировать выбывающие объемы твердого сплава для обеспечения бесперебойной работы заводов-потребителей необходимо российским предприятиям, производящим твердосплавную продукцию: КЗТС, «Вириал», «Победит» и др.

При таком огромном наращивании объемов выпуска изделий задача совершенствования эксплуатационных свойств инструмента на твердосплавных предприятиях отходит на второй план. Однако от повышения эксплуатационных свойств инструмента непосредственно зависит снижение объемов его потребления и, следовательно, выпуска.

Задача перспективных разработок инструмента актуальна еще и потому, что необходимо не только замещение импортной продукции, но и обеспечение ее конкурентоспособности с зарубежными аналогами для увеличения производительности процесса изготовления деталей и сокращения их себестоимости.

Конкурентные показатели инструмента по производительности и стойкости достигаются целенаправленной оптимизацией комплекса его свойств.

1. Разработка новых или выбор уже созданных марок твердого сплава с оптимальным сочетанием физико-механических свойств, необходимых для конкретного процесса.

К настоящему времени в России создано более 65 отечественных марок твердого сплава различного химического состава для разных областей применения. Такое количество марок требует у технологов механообработывающего производства решения вопроса их рационального использования.

Есть два пути применения инструмента из твердых сплавов в зависимости от особенностей эксплуатации:

- Разработка или использование существующих марок сплава для конкретно выполняемой операции. Это направление применяется в крупносерийном и массовом производстве путем использования оптимальной марки сплава под одну или ограниченное количество операций, например, обработку колесных пар подвижного состава.

- Унификация инструмента с целью сокращения используемого сортамента. В этом направлении есть определенные сложности при выборе марок сплава в связи с невозможностью получить для каждой области применения наивысший или даже приемлемый результат. Но в условиях серийного, мелкосерийного и особенно штучного производства необходимо использовать универсальные марки сплава для того, чтобы не допустить необоснованное раздувание их сортамента.

Повышение эксплуатационных характеристик унифицированных марок твердых сплавов для разных условий и областей применения достигается определенными технологическими приемами при их производстве. Примером может служить градиентное спекание, когда по сечению инструмента изменяются состав и, следовательно, свойства сплавов. При получении градиента по кобальту повышают содержание кобальта от центра до поверхностного слоя с целью увеличения прочности и адгезии инструментальной основы с покрытием.

Для тяжелых операций механообработки применяют также **высокотемпературную технологию** изготовления сплавов с целью увеличения прочности и пластичности получаемой марки сплава, включающую карбидизацию тугоплавких элементов, например, получение карбида вольфрама и спекание сплава при высокой температуре. Эта технология применяется для удаления вредных летучих примесей (калия, серы и др.) при высоких температурах карбидизации и спекания. Величина зерна при этой технологии растет. Поэтому для получения заданной зернистости подбирают интенсивность и время размола смесей, идущих для изготовления твердого сплава. Другой особенностью высокотемпературного спекания является получение высокой работы пластической деформации выпускаемых изделий, что уменьшает количество сколов инструмента. Недостатком метода является увеличение вероятности выхода инструмента из строя за счет пластической деформации режущей кромки при высоких температурах и силах, действующих в процессе эксплуатации.

Для повышения износостойкости и крипоустойчивости режущей кромки, особенно для чистовой и получистовой обработки, применяют низкотемпературные технологии карбидизации и спекания, снижающие величину зерна и повышающие износостойкость сплава. Сплавы, полученные низкотемпературным методом, критичны к летучим примесям в используемых компонентах сырья, так как не все примеси удаляются при низкотемпературном спекании.

Другим направлением совершенствования марок сплава является их производство с условно наноразмерной структурой, обеспечивающей получение определенных характеристик сплава.

Эффективная эксплуатация инструмента определяется выбором марок сплава с определенным химическим составом, оптимальными характеристиками по износостойкости и прочности для соответствующих областей применения.

2. Оптимизация геометрии инструмента, целенаправленное изменение которой влияет на эксплуатационные свойства инструмента, путем изменения термосилового состояния зоны резания. Например, увеличение ширины упрочняющей фаски или уменьшение ее угла наклона (до отрицательных значений) повышает прочность инструмента путем перевода действующих напряжений растяжения в напряжения сжатия, при которых твердый сплав работает лучше по показателям прочности. Увеличение

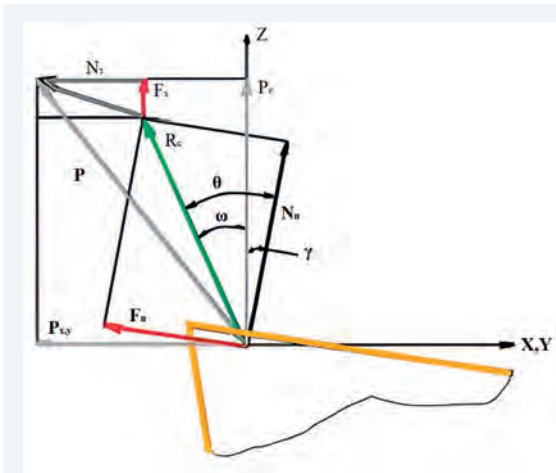


Рис. 1. Схема сил резания, действующих на резец, где N_1 и N_2 — нормальные силы на передней и задней поверхности соответственно; F_1 и F_2 — силы трения на передней и задней поверхности; R_c — сила стружкообразования; P — результирующая сила резания процесса; P_z — тангенциальная составляющая силы резания; $P_{x,y}$ — составляющие силы резания в радиальном и осевом направлении; γ — передний угол; ω — угол действия; θ — угол трения

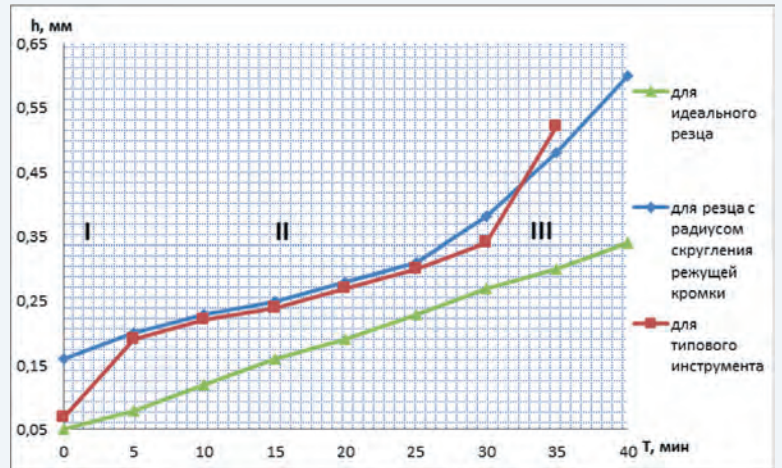


Рис. 2. Зависимость износа от времени работы инструмента. Для типичного инструмента: I — зона приработки; II — зона нормальной работы; III — зона катастрофического износа

переднего угла снижает действующие силы и температуру резания. Но увеличение угла сверх допустимого значения приводит к уменьшению прочности режущего клина, выкрашиванию и сколам инструмента.

Разработанная нами методика оптимизации переднего угла режущих пластин основана на анализе нестационарных условий износа инструмента в процессе эксплуатации.

Как известно, от времени работы увеличивается износ режущего инструмента и, следовательно, изменяется направление и величина сил резания. Схема действующих сил на режущий инструмент приведена на рис. 1.

Изменение силовых параметров в процессе механообработки влияет на геометрию режущих пластин. Типовой график зависимости износа от времени работы для всех видов режущих инструментов приведен на рис. 2.

График для типичного инструмента имеет три зоны (рис. 2): приработку, зону нормальной работы (износа), а также зону катастрофического износа. Идеальной является конструкция инструмента, которая имеет минимальную интенсивность износа на всем протяжении механообработки детали. График зависимости износа от времени у идеального инструмента должен начинаться из нулевой точки и иметь постоянный тангенс угла наклона кривой к временной оси координат. Интенсивность износа на этапе

приработки и в катастрофической зоне в идеальном случае должна снизиться до уровня на нормальном участке.

Рассмотрим особенности износа инструмента в процессе эксплуатации. На первых минутах эксплуатации острозаточенного инструмента (рис. 3а) величина силы действующей на передней поверхности (P_z) значительно выше, чем на задней (P_{xy}).

В течение одной-двух минут после начала работы за счет вибрации в тангенциальном направлении острозаточенный инструмент быстро изнашивается до определенного значения. Это приводит к стабилизации режущего клина в срезаемом слое в связи с увеличением сил на задней поверхности и снижением вибрации в тангенциальной плоскости до приемлемого значения. На этом приработка режущей кромки (рис. 2, зона I) заканчивается. Силы резания при окончании приработки стабилизируются (рис. 3б). Снижается также интенсивность износа контактных поверхностей инструмента, и режим работы переходит в следующую зону.

Если на этапе изготовления пластин производят скругление режущей кромки, приработка при резании практически отсутствует, а работа начинается с зоны нормального износа. Это связано с тем, что радиус можно рассматривать как «искусственный» износ, стабилизирующий ре-

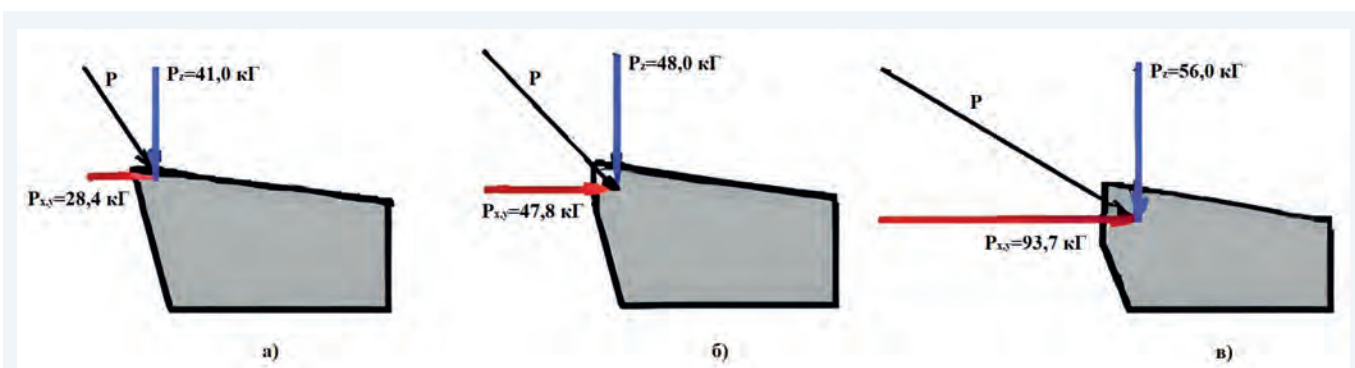


Рис. 3. Изменение составляющих сил резания по мере износа инструмента, где: а) этап приработки, износ 0,1 мм; б) этап нормальной работы, износ 0,24 мм; в) этап катастрофического износа, износ 0,52 мм. Обработка сплава ХН73МБТЮ на режимах: $V = 27,0$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об, $t = 1,0$ мм. Передний угол $\gamma = +20^\circ$

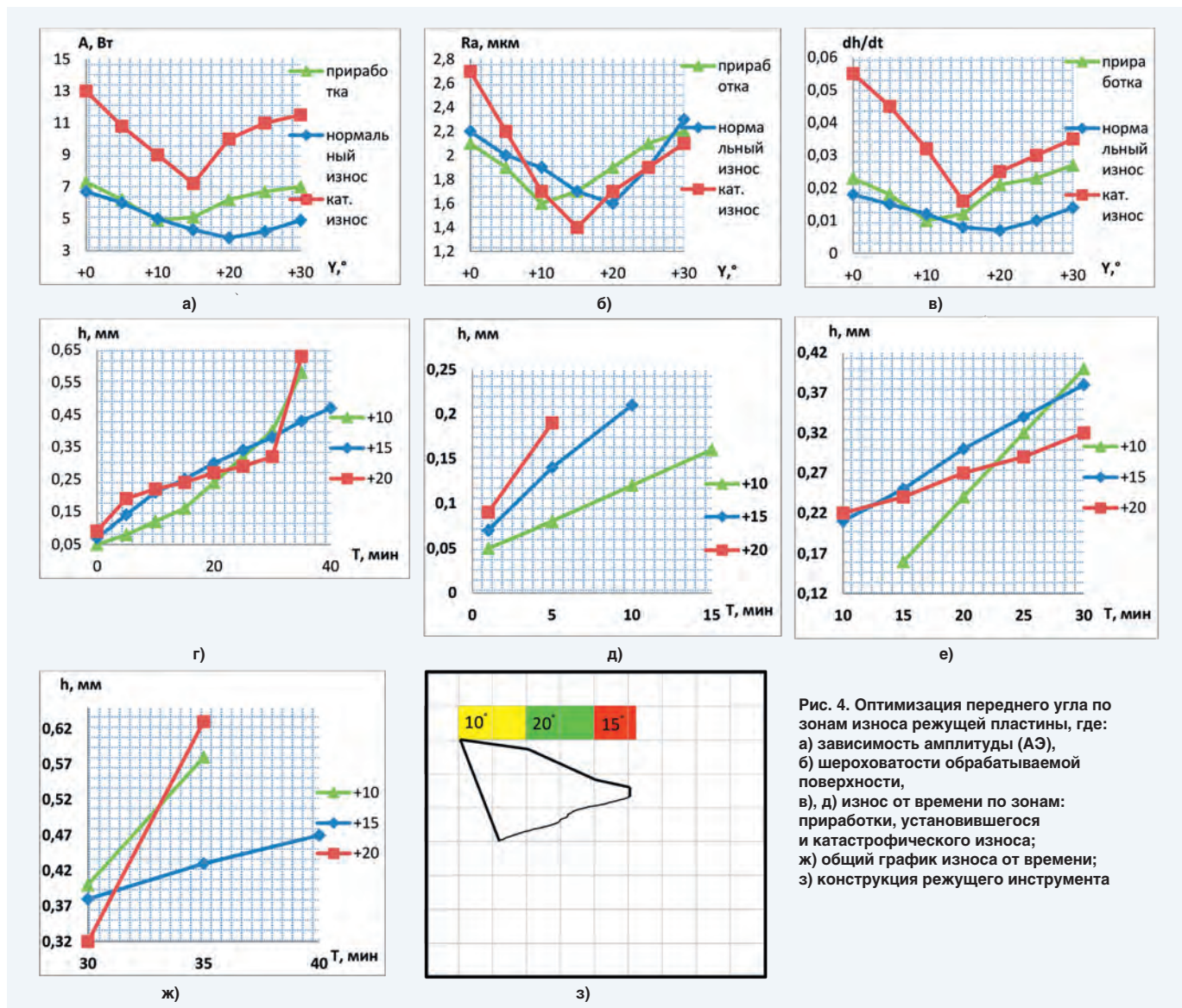


Рис. 4. Оптимизация переднего угла по зонам износа режущей пластины, где: а) зависимость амплитуды (АЭ), б) шероховатости обрабатываемой поверхности, в), д) износ от времени по зонам: приработки, установившегося и катастрофического износа; ж) общий график износа от времени; з) конструкция режущего инструмента

жущую кромку в срезаемом слое. Размерный износ при этом уменьшается, но и ресурс инструмента до заданного критерия затупления также уменьшается на величину искусственного износа (рис. 2).

В основное время эксплуатации (85–90%) серийный инструмент работает в так называемой установившейся, или нормальной зоне II (рис. 2). В этой зоне работы инструмента износ происходит медленно и равномерно, силы резания растут постепенно и незначительно. При этом рост сил на задней поверхности компенсируется увеличением переднего угла за счет образования лунки износа на передней поверхности и смещением направления силы стружкообразования (Rc), т.е. уменьшается угол действия (ω). Следовательно, смещается также и равнодействующая сила P ближе к тангенциальной составляющей (рис. 1).

На долю работы в режиме катастрофического износа (зона III, рис. 2) приходится 7–10%. Работа сопровождается значительным (критическим) износом по задней грани, в результате которого увеличение составляющих сил резания на задней поверхности уже невозможно компенсировать увеличением переднего угла (рис. 3в). Происходит затирание инструмента по задней грани и вибрация технологической системы. Альтернативный путь — уменьшение

переднего угла инструмента для увеличения тангенциальной составляющей, которая компенсирует значительное увеличение силы на задней поверхности и стабилизирует их соотношение. Однако уменьшиться передний угол в процессе резания естественным путем может только в результате скола режущей кромки, который и происходит при увеличении лунки износа до критического значения и достижении достаточного уровня действующих сил при вибрациях.

Из вышесказанного ясно, что увеличить стойкость инструмента можно путем разработки оптимальной геометрии, перераспределяющей термосиловые параметры и стабилизирующей интенсивность износа по времени механообработки.

Исследования по оптимизации переднего угла, оказывающего наибольшее влияние на процесс резания, проводились при обработке жаропрочного сплава ХН73МБТЮ твердосплавными режущими пластинами из ВК10ХОМ по зонам износа на следующих режимах: $V = 27,0$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об, $t = 1,0$ мм. За критерий оптимальности принималась амплитуда (мощность) АЭ, минимальное значение которой соответствует максимальной стойкости инструмента с выполненной геометрией на передней поверхности.

Результаты экспериментов приведены на графиках **рис. 4**. Из них следует, что минимальное значение приработки, которая заканчивается при износе $h = 0,05$ мм, имеет инструмент с передним углом $\gamma = +10^\circ$. Для этого значения геометрии минимальны также амплитуда (АЭ), интенсивность износа и шероховатость обрабатываемой поверхности (**рис. 4а, б, в**). Выше $h \geq 0,05$ мм интенсивность износа переходит в установившуюся область работы. У пластин с другим передним углом (от -5° до $+30^\circ$) величина приработки (**рис. 4г, д**) значительно больше $h \geq 0,18$ мм. Таким образом, путем оптимизации переднего угла на этапе приработки происходит расширение зоны нормального (установившегося) износа и, следовательно, стойкости инструмента.

На участке установившегося износа оптимальным является передний угол $\gamma = +20^\circ$ (**рис. 4а, б, в**), который соответствует минимальной амплитуде АЭ, интенсивности износа и шероховатости обработанной поверхности.

На участке катастрофического износа, как следует из графиков (**рис. 4а, б, в**), оптимальным является угол $\gamma = +15^\circ$. Этот угол обеспечивает минимальную вибрацию технологической системы, за счет чего амплитуда АЭ, шероховатость поверхности и интенсивность износа имеют минимальное значение. Катастрофический износ наступает в результате затирания инструмента по задней грани и вибрации технологической системы при значительно большем износе $h \gg 0,5$ мм, чем у серийно применяемого инструмента (**рис. 4г, ж**). В этом случае его общая стойкость увеличивается также и за счет участка работы резца от $h > 0,5$ мм и выше, до появления вибраций, а они наступают примерно при износе $h = 0,65-0,7$ мм по задней поверхности. На этом участке при механообработке пластинами с оптимальной геометрией и шероховатостью поверхности изменяется незначительно и в большинстве случаев удовлетворяет требованиям технологии изготовления деталей. При использовании инструмента с разработанной геометрией для черновой обработки, где критерий износа по задней грани составляет $h = 0,8-1,2$ мм и шероховатость поверхности не критична, стойкость инструмента за счет снижения интенсивности износа в катастрофической зоне увеличивается еще более значительно.

Таким образом, за счет оптимизации передних углов можно увеличить диапазон нормальной работы и, соответственно, стойкость в 2–2,5 раза.

Указанные выводы подтверждены результатами прямых стойкостных испытаний (**рис. 4г**).

Выполненный на инструменте передний угол с полученной переменной геометрией (**рис. 4з**) имеет оптимальное значение с минимальной интенсивностью износа на протяжении всей работы режущего инструмента.

На **рис. 5** приведены результаты сравнительных стойкостных испытаний серийно применяемой и разработанной конструкцией режущего инструмента. Режимы испытаний сплава ХН73МБТЮ: $V = 27,0$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об, $t = 1,0$ мм соответствуют полустойковой обработке, поэтому критерием окончания работы инструмента устанавливался износ по задней грани 0,5 мм.

Как следует из проведенных стойкостных испытаний (**рис. 5**), при обработке жаропрочного сплава ХН73МБТЮ на указанных режимах стойкость режущих пластин с оптимизированной геометрией в 2 раза превы-

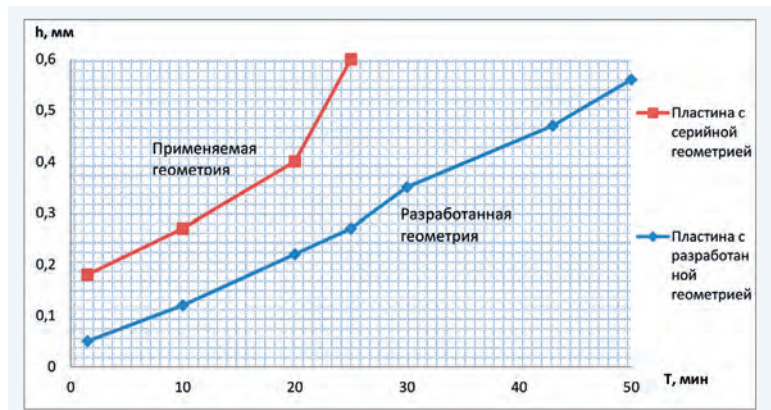


Рис. 5. Стойкость инструмента с серийной и разработанной геометриями с покрытием

шает стойкость применяемых в производстве режущих пластин с серийной геометрией.

3. Одной из важных задач для значительного повышения стойкости при проектировании конкурентоспособного инструмента является **сохранение оптимальной геометрии режущего клина в процессе эксплуатации от износа и деформации**.

Твердосплавный инструмент в процессе эксплуатации испытывает действие высоких температур порядка 700–1200°C и выше, а также напряжений $\sim 160-350$ кг/мм².

Высокая температура в зоне резания определяет ограничения по эксплуатационным свойствам инструмента при форсированных режимах формообразования. Для снижения температуры используют различные технологические приемы: применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), наложение полезных вибраций на инструмент, оптимизация геометрии, нанесение износостойких покрытий, применение новых инструментальных материалов (керамики, СТМ и др.). Каждый из предлагаемых методов имеет наряду с достоинствами ряд ограничений, например, по прочности, температуре эксплуатации, а также могут быть сложны в реализации.

Одним из эффективных методов защиты контактных поверхностей инструмента от абразивно-адгезионного износа, действия высокой температуры, а также сохранения оптимальной геометрии режущего клина является **применение износостойких покрытий**. Износостойкие покрытия могут снижать контактные нагрузки, перераспределять тепловые потоки, что приводит к уменьшению термомеханической напряженности режущего клина и увеличению стойкости инструмента более чем в 2 раза. Следует отметить, что высшие эксплуатационные показатели будет соответствовать инструменту с оптимальной геометрией в связи с минимальной интенсивностью износа режущего клина и, следовательно, максимальным временем сохранения величины этих углов в процессе эксплуатации.

Для эффективной эксплуатации инструмента на форсированных режимах механообработки покрытие должно соответствовать следующим требованиям:

- внешний слой должен сохранять твердость и стабильность при высокой температуре до 1200°C, а также быть максимально инертен к обрабатываемому материалу;
- второй слой должен иметь низкую теплопроводность;
- модуль упругости и коэффициент линейного расширения (ТКЛР) второго слоя должны быть близкими к ука-

занным характеристикам внешнего слоя;

- коэффициент линейного расширения прилегающего к основе слоя должен быть сопоставим с аналогичными характеристиками твердого сплава основы;

- при необходимости могут быть нанесены промежуточные слои, которые должны согласовывать ТКЛР между верхними и прилегающими к основе слоями.

Указанными свойствами верхних слоев обладает покрытие на основе оксида алюминия. Оксид алюминия существует в нескольких модификациях: стабильной высокотемпературной $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и метастабильных модификаций, в основном $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ с низкой теплопроводностью.

Получение высокотемпературной модификации алюминия сопряжено с определенными трудностями. Переход из метастабильных модификаций в стабильную до 2044°C происходит при температуре $1200\text{--}1400^\circ\text{C}$. Существующие методы покрытия ограничены по температуре до 1050°C (метод CVD) и до 900°C (метод PVD). Температура появления жидкой фазы в твердом сплаве составляет 1280°C , поэтому возникает проблема: необходимо обеспечить температуру при нанесении покрытия на контактных поверхностях инструмента выше 1200°C и не перегреть сплав.

Этим условиям может соответствовать метод высокотемпературного электрохимического окисления — ВТО [1], способный локально и кратковременно достигать необходимой температуры в порах, достаточной для получения стабильной α -модификации оксида алюминия и одновременно не перегревать инструментальную основу [2]. Следует отметить, что метод является экологически чистым, т.к. применяемый электролит состоит из воды (~80%) и нетоксичных, в основном щелочных добавок.

Композиционное покрытие можно получить комбинацией ВТО-метода с PVD- или CVD-методами. Методы PVD или CVD при получении композиционного покрытия нужны для нанесения барьерного слоя между твердосплавной основой и сверхактивным алюминием, а также для предварительного нанесения соединений металлов IVa — VIa групп периодической системы химических элементов, среди которых широкое распространение получили титан, хром, цирконий, алюминий с азотом или углеродом, для последующей модификации с целью повышения эксплуатационных свойств покрытия.

Авторами разработано два варианта получения конкурентоспособного тонкопленочного покрытия на основе алюминия, в которых используется ВТО:

1. Окисление чистого несвязанного алюминия, нанесенного на нитридный слой [3, 4]. Высокотемпературное оксидно-нитридное покрытие, полученное методом окисления ВТО чистого алюминия, удовлетворяет требованиям разработанной модели (рис. 6). В результате в покрытии получаются слои с различными модификациями Al_2O_3 ; пористые метастабильные модификации Al_2O_3 обладают высокими тепло- и электроизоляционными свойствами и предохраняют основу из твердого сплава от перегрева и пластической деформации, а стабильная $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ модификация выдерживает высокую температуру и сохраняет высокую твердость.



Рис. 6. Расчетная конструкция оксидно-нитридного покрытия

2. Замещение нитридов вентильных металлов на оксид и оксинитрид [1] и получение оксинитридного или оксидно-оксинитридного покрытия (ООН) в зависимости от решаемых задач производится также методом ВТО. Оксинитридное покрытие получается за счет замещения азота на кислород всех или части нанесенных на инструмент нитридных соединений. Полученное по этому методу покрытие ООН состоит из верхнего слоя, образованного сплошной пленкой оксида алюминия, имеющей высокую твердость, жаропрочность, минимальную теплопроводность, защищающей нижележащие слои покрытия и сам инструмент от перегрева. Нижележащие слои покрытия ООН состоят из соединений тугоплавкого металла, где азот замещается на кислород, образуя оксинитрид, имеющий максимальную комплектность кристаллической решетки и, следовательно, высокую микротвердость и наибольшую стойкость к окислению.

Разработанные технологии позволяют получить покрытия с низким коэффициентом трения. Верхний слой этих покрытий состоит из оксида алюминия — Al_2O_3 , который обладает низкой адгезией к большинству обрабатываемых материалов, т.е. является инертным.

Полученные покрытия приближаются по свойствам к сверхтвердым материалам, но имеют более широкую область применения — от обработки конструкционных материалов до спецсплавов.

Для проверки результатов комплексного подхода к достижению максимальных эксплуатационных свойств отечественного инструмента производились стойкостные испытания при обработке жаропрочного сплава ХН73МБТЮ на токарном станке Mazak модели QTN250II режущих пластин марки ВК10ХОМ с разработанной геометрией, описанной выше, и покрытием, полученным окислением чистого алюминия, на следующих режимах: $V = 27,0$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об, $t = 1,0$ мм.

На графике (рис. 7) показана сравнительная зависимость $h = f(T)$ для режущих пластин с разработанной геометрией без покрытия и с покрытием по отношению к серийно применяемому инструменту также без покрытия и с покрытием. Как следует из графика, стойкость пластин с разработанной геометрией и покрытием в 4,8 раза выше, чем у непокрытых серийных пластин, и в 2,6 раза выше, чем у серийно применяемых резцов с покрытием AlTiN .

Подведем итоги. В статье изложен комплексный подход по **обеспечению конкурентоспособности** при проектировании режущего инструмента:

1. Показан алгоритм выбора марок твердого сплава в зависимости от специфики его изготовления, а также области применения и режимов эксплуатации инструмента.

2. На основании анализа нестационарных условий износа инструмента разработан способ оптимизации геометрии режущего клина пластины, обеспечивающей максимальную стойкость инструмента при необходимых параметрах качества обрабатываемой поверхности.

3. Установлено, что режущий инструмент с разработанным композиционным покрытием, полученным комбинированным методом с финишным слоем, модифицированным ВТО, по эксплуатационным характеристикам не уступает импортным аналогам, в том числе на форсированных режимах обработки.

4. Наивысшие показатели **конкурентоспособности** имеют режущие пластины с композиционным покрытием, полученным **комбинированным методом**, нанесенным на **оптимизированную геометрию режущего клина пластины**. Нанесенное покрытие существенно увеличивает время, в течение которого сохраняется оптимальное значение геометрии инструмента, за счет снижения износа и деформации режущего клина пластины в процессе эксплуатации.

5. Результаты инновационных исследований по разработанной авторами комплексной методике обеспечения конкурентоспособности отечественного инструмента **подтверждены стойкостными испытаниями**.

Литература:

1. Пьянов А.И., Кужненко А.А Метод получения оксидно-оксинитридного покрытия // РИТМ машиностроения. 2021. № 5. С. 39–41.

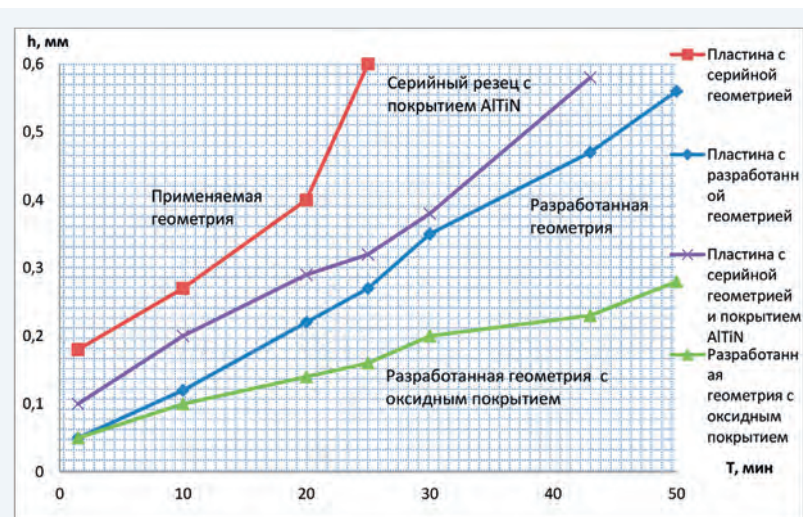


Рис. 7. Сравнительная стойкость инструмента с разработанной геометрией без покрытия и с покрытием

2. Марков Г. А. Микродуговые и дуговые методы нанесения защитных покрытий. Научные труды МИНХиГП им. И. М. Губкина. Вып. 185: Повышение износостойкости деталей газонефтяного оборудования за счет реализации эффекта избирательного переноса и создания износостойких покрытий / Г. А. Марков, О. П. Терлеева, Е. К. Шулепко. М., 1985. С. 54–64.
3. Кужненко А.А. Разработка оксидно-нитридных многослойных покрытий для режущего твердосплавного инструмента. Автореферат диссертации кандидата технических наук. М., 2016. 26 с.
4. Pyanov A.I. Investigating the opportunities for defining the fatigue characteristics of tools with a nanolayer coating during cutting / A. I. Pyanov, V. N. Anikin, A. A. Pyanov // Nanomechanics Science and Technology. An International Journal. 2014. № 5.

ОРГАНИЗАТОР

УДМУРТИЯ
ВЫСТАВОЧНЫЙ
ЦЕНТР

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

ПРАВИТЕЛЬСТВО
УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

АДМИНИСТРАЦИЯ
ГОРОДА ИЖЕВСКА

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР

КЛАСТЕР

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ 19-21 СЕНТЯБРЯ

БОЛЕЕ 28 ЛЕТ ВЫСТАВКАМ • 7888 ПОСЕТИТЕЛЕЙ-СПЕЦИАЛИСТОВ **Ижевск' 2023**

**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

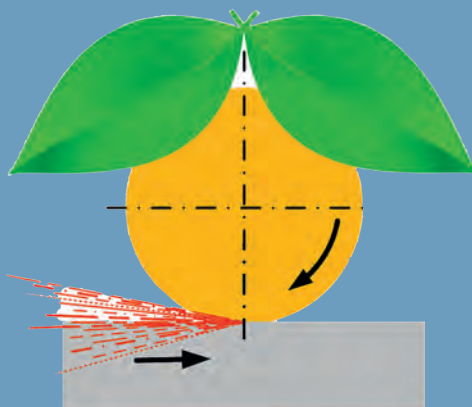
Место проведения: площадка у ТЦ «Мой Порт»,
ул. Кирова, 146, мобильный павильон

БРОНИРОВАНИЕ ПЛОЩАДЕЙ: 8-912-856-13-93 metal@vcudm.ru promforum18.ru

18+

УСТОЙЧИВОЕ ШЛИФОВАНИЕ

В статье представлена концептуальная модель возможного развития одного из проблемных и распространенных процессов формообразования деталей в технологии машиностроительного производства. Особенностью является учет не только специфики удаления стружки при различных вариантах шлифовальной обработки, но и оценка влияния их побочных факторов: теплообразования, расхода абразива, применения СОЖ и др. на общую стратегию совершенствования этого процесса.



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

Современному обществу предстоит разрешать проблемы, связанные с истощением природных ресурсов и ростом населения. Основной причиной ущерба окружающей среде является неэффективное производство, прежде всего из-за чрезмерного потребления природных ресурсов, особенно в промышленно развитых странах. Идея устойчивого производства и потребления становится широко принятой мировой социальной целью. Однако ее реализация идет медленно.

Устойчивое, стабильное производство рассматривается многими исследователями, представителями промышленности и политиками как одна из ключевых задач, которую необходимо решить в ближайшие десятилетия [1], однако следует отметить, что требования к устойчивому производству только формулируются. Получившее известность определение устойчивости было дано Всемирной комиссией ООН по окружающей среде и развитию и представляется как «развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [2]. Устойчивое, стабильное развитие будет движущей силой промышленности XXI века, так же как автоматизация была для промышленности XX, а пар был для промышленности XIX века [3].

Устойчивость считается одной из важнейших характеристик объекта, отражающей уровень его функционирования и возможность дальнейшего развития [4]. Устойчивость — это стремление возвращаться в состояние равновесия, которое оказывается наиболее благоприятным для вы-

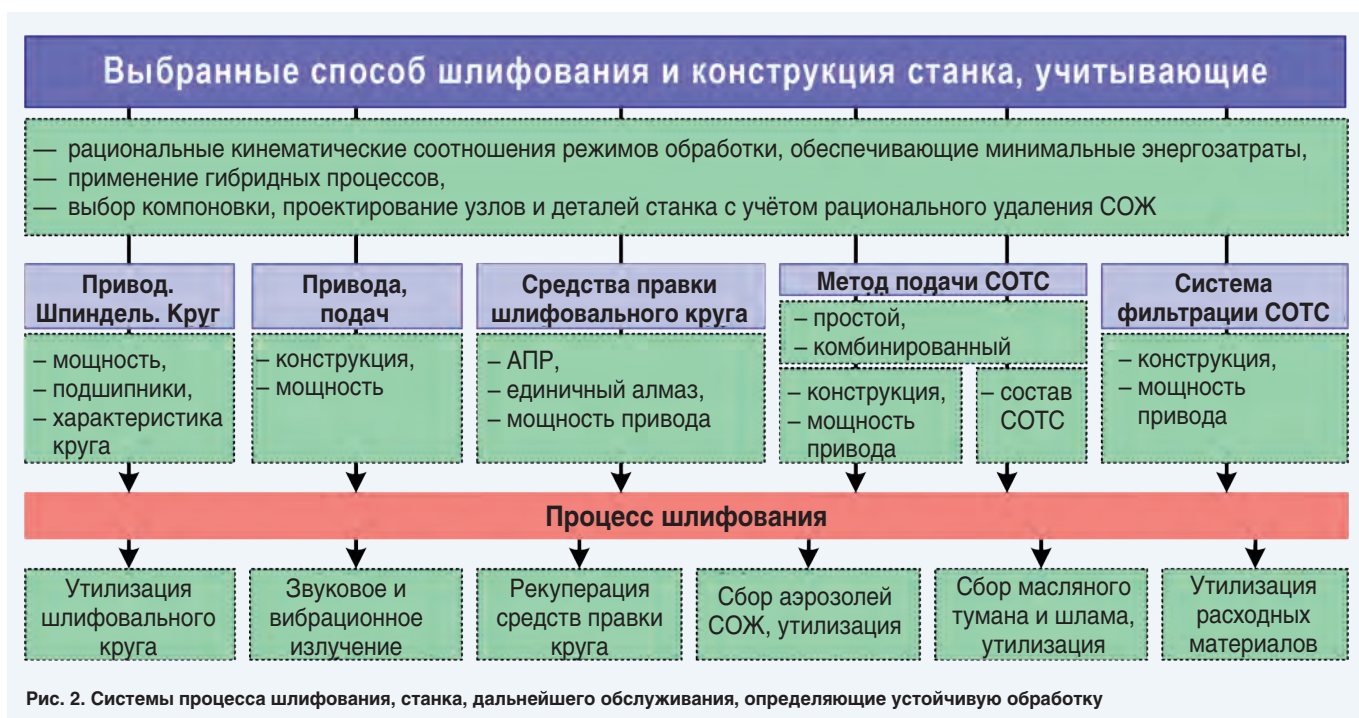
полнения объектом своих функций после воздействия на него каких-либо внешних факторов. По аналогии с общими определениями из работ [1, 4–6] можно полагать, что шлифовальный станок, процесс обработки и жизненный цикл его составляющих обладают устойчивостью, если найдены оптимальные соотношения между всеми элементами, установлены связи между ними, которые позволяют максимально долго поддерживать жизненно важные параметры на заданном уровне, эффективно противодействуя возмущающему воздействию внешней среды. Было бы логичным назвать такой станок и процесс стабильными.

На рис. 1 представлена в виде схемы концепция устойчивого абразивного процесса, определяемая, по существу, устройством общества, функционированием экономики, организацией производства, применяемыми технологиями и проводимыми экологическими мерами. Общество создает правовые основы и ответственность в функционировании производства, промышленность обеспечивает необходимые связи, экономика создает хозяйственные отношения, технологии обеспечивают развитие, а экология приближает производство к природному циклу биосферы.

На рис. 2 показаны элементы способа абразивной обработки, станка и дальнейших мер по обслуживанию систем, которые характеризуют устойчивое шлифование. Как можно видеть из представленного, построение абразивного процесса, учитывающего максимальное количество рисков, является комплексной задачей, и при технологическом



Рис. 1. Факторы, определяющие концепцию устойчивого абразивного процесса



и конструкторском проектировании следует выбирать элементы шлифовального процесса и станка в соответствии с понятием устойчивости.

ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОГО, СТАБИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Как известно, невозможно управлять тем, что нельзя измерить. Разрабатываемая в научно-технической литературе стратегия устойчивого развития включает показатели, или индикаторы, позволяющие дать измеряемый обзор тенденций, действующих в промышленных системах.

В информационном поле при измерении устойчивости объекта авторы научных работ сосредоточились в основном на экологических показателях. Эти аспекты относятся к приоритетным как в мировой практике, так и в России на основании целей устойчивого развития (ЦУР) (*Sustainable Development Goals*), которые были приняты на конференции ООН в 2015 г. в рамках «Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [7].

По данным Международного энергетического агентства (МЭА) [8], в 2017 году мировая промышленность потребила около 32 миллиардов МДж, и сектор производства электроэнергии был ответственен за около 40% выбросов CO₂, что составляет примерно 13600 тонн CO₂. Прогнозы на 2030 год составляют 26 триллионов МДж, естественно, такие затраты энергии вызывают большую обеспокоенность.

Воздействие шлифовальных станков с ЧПУ на окружающую среду осуществляется в виде выбросов углекислого газа CO₂, который является одним из основных парниковых газов. В основном это связано с потреблением электроэнергии различными двигателями, насосами, электрическими шкафами, осветительными приборами, серводвигателями станка и т.п.

CO₂-эквивалент (*carbon dioxide equivalent*) — это условная единица, которую используют для оценки объемов выбросов парниковых газов (в том числе для расчета углеродного следа). Он обозначает, какому объему углекислого газа равен общий объем выбросов, исходя из их воздей-

ствия на климат. В статье [9] предложен метод оценки производственного процесса по коэффициенту выбросов CO₂. Предложение может быть эффективно использовано для принятия решений производителями с целью точной, детальной разбивки коэффициентов выбросов и выбора плана производственного процесса с наименьшими выбросами CO₂.

При абразивной обработке и шлифовании металлов валовый выброс загрязняющих веществ (ЗВ) может рассчитываться исходя из нормо-часов работы станочного парка, а его поступление в атмосферу — с учетом эффективности газопылеулавливающего оборудования. В случае абразивной обработки без охлаждения образование отходов происходит в виде твердых частиц (промышленной пыли), а в случае применения СОЖ — в виде аэрозолей масла и эмульсола [10].

Однако для достижения устойчивого производства компания должна учитывать также социальные и экономические показатели, например, такие как прибыль.

В работе [11] на основе проведенного обзора рассматривается ряд показателей, в частности, предлагается нормализовать показатели устойчивости для того, чтобы их можно было сравнивать, например, по выражению (1). Нормирующими факторами могут быть количество произведенных продуктов, добавленная стоимость, человеко-часы, срок службы продукта и т.д. Однако выбор коэффициента нормализации изменяет результат и требует тщательного рассмотрения.

$$\text{Индикатор устойчивости} = \frac{\text{Ресурс}}{\text{Коэффициент нормализации}} \quad (1)$$

Другим распространенным показателем является экологическая эффективность, которую можно определить как стоимость продукта или услуги, деленную на воздействие, оказываемое на окружающую среду (2). В большинстве случаев экоэффективность используется для экологической оптимизации системы в целом с учетом экономических факторов. Воздействие на окружающую среду может

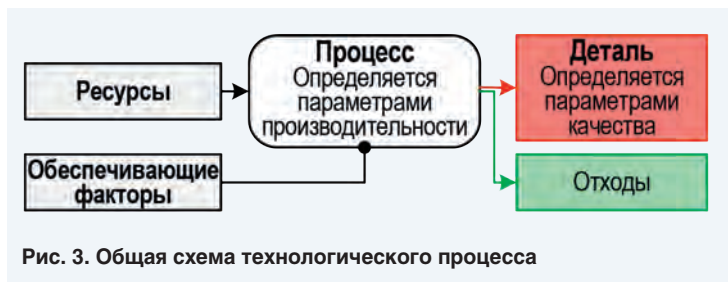


Рис. 3. Общая схема технологического процесса

быть основано на потреблении сырья, энергии, возникающих выбросах, потенциальной токсичности, а также на злоупотреблениях и потенциальном риске.

$$\text{Экоэффективность} = \frac{\text{Стоимость продукта или услуги}}{\text{Воздействие на окружающую среду}} \quad (2)$$

В некоторых исследованиях производственных процессов (анализ проведен в работе [11]) воздействие на окружающую среду анализируется с помощью удельной энергии, определяемой как энергия, деленная на объем удаляемого материала (3). В этих работах показывается, что при шлифовании расходуется больше электроэнергии на единицу объема, чем при процессах с более высокой скоростью удаления материала, таких как механическая обработка [12]. Тенденция к тому, что более высокие скорости удаления материала снижают удельную энергию при том же объеме удаляемого материала, хорошо известна.

$$\text{Удельная энергия} = \frac{\text{Энергия}}{\text{Съем металла}} \quad (3)$$

Несмотря на то, что отношение удельной энергии к объему материала, удаляемого при чистовой обработке, сравнительно высоко [12], абсолютные энергии все еще низки из-за того, что во время финишной абразивной обработки удаляется очень мало материала. Очевидно, что показатели, основанные на удалении материала, не идеальны для оценки устойчивости, т.к. неясно, какую энергию они используют: технологическую, теоретическую или общую,

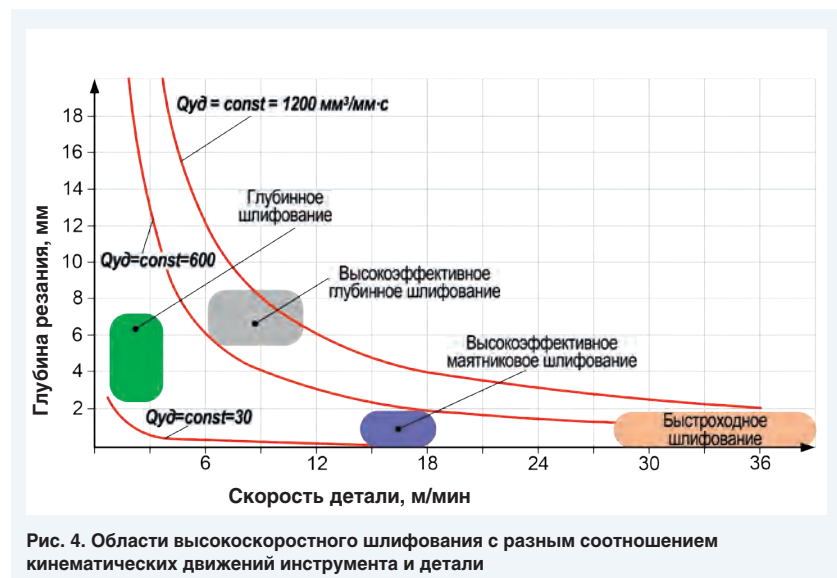


Рис. 4. Области высокоскоростного шлифования с разным соотношением кинематических движений инструмента и детали

поэтому основное внимание следует уделять качеству поверхности или эффективности использования материалов [1].

В публикации [11] при обсуждении устойчивости абразивных процессов предлагается показатель эффективности устойчивости $\eta_{уст}$. Эффективность — это фундаментальный показатель для оценки соотношения объема производства к затратам.

В процессе абразивной обработки ресурсы (энергия, сырье, вспомогательные материалы и т.д.) добавляются в качестве входных данных в процесс, выполняемый с помощью вспомогательных средств (рабочий, станок и т.д.) — **рис. 3**.

Процесс может быть определен показателями производительности (скорость удаления материала, усилия и т.д.). Деталь характеризуется параметрами качества (шероховатость поверхности, величина коэффициента трения и т.п.). Показатель эффективности устойчивости $\eta_{уст}$ может быть определен с помощью выражения (4), в котором $\eta_{уст}$ представляется отношением производительности или качества продукции к затраченным ресурсам процесса.

$$\text{Показатель эффективности устойчивости } \eta_{уст} = \pm \frac{\text{Производительность/Параметр качества}}{\text{Ресурс}} \quad (4)$$

(+) — когда процесс направлен на увеличение производительности или параметра качества,

(-) — когда процесс направлен на снижение производительности или параметра качества.

Например, чем выше стоимость продажи конечного продукта — детали — при ограниченном количестве ресурсов, таких как время или энергия, тем выше становится эффективность.

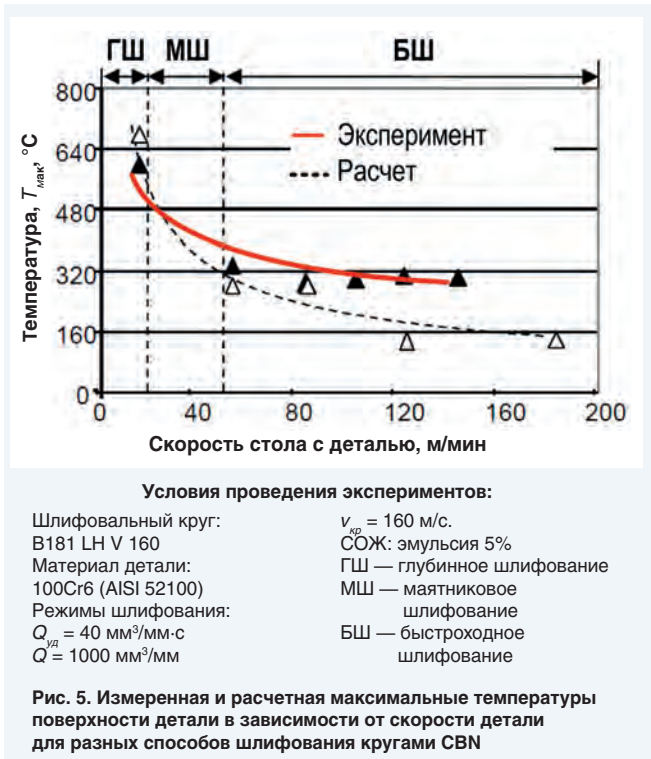
Однако необходимо помнить о целевом параметре, который определяет знак. Шероховатость или коэффициент трения, например, должны быть минимальными после процесса обработки, в то время как другие параметры должны быть максимальными (например, качество, комфорт рабочего, скорость съема металла).

Повышение экологической эффективности шлифования сопровождается сокращением потребления СОЖ и электроэнергии.

Таким образом, цель создания устойчивого абразивного процесса можно считать достигнутой, если сведены к минимуму все виды отходов, а также использование природных ресурсов, сырья и энергии.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ШЛИФОВАНИЯ

Абразивно-алмазная обработка отличается большим многообразием способов реализации и охватывает широкие диапазоны скоростей резания — 0,1...300 м/с и снимаемых припусков — 0,01...30 мм. Это позволяет эффективно использовать ее вместо лезвийной, а также в качестве отделочной. Многообразие методов абразивной обработки в большинстве случаев определяется изменением соотношения кинематических составляющих процесса



шлифования. Выбор этого соотношения представляет собой одно из первых решений по экологической эффективности технологического процесса. Сочетание глубины резания и скорости детали определяет ряд параметров режима обработки, в частности, удельный съем материала на 1 мм ширины шлифовального круга $Q_{\text{уд}}$ (мм³/мм·с) = $\{t \text{ (мм)} \cdot v_d \text{ (м/мин)} \cdot 10^3\} / 60$, который напрямую влияет на производительность. Скорость резания не оказывает воздействия на производительность процесса, но обуславливает толщину стружки. Сочетание этих параметров и их величин не только отражается на параметрах стружки, но и определяет тип процесса. На рис. 4 показаны различные области высокоскоростного шлифования [13, 14]. Линии $Q_{\text{уд}} = \text{const}$ показывают режимы с одинаковой производительностью.

Высокоскоростное быстроходное шлифование со скоростью перемещения детали до 200 м/мин является специализированным высокопроизводительным процессом и применяется для сокращения времени теплового удара и достижения более высокого отношения толщины стружки к длине. Эта стратегия обеспечивает высокую производительность с минимальным временем обработки и возможностью шлифования труднообрабатываемых материалов.

Теоретически тепловое воздействие с увеличением скорости шлифовального круга увеличивается из-за поступления в зону резания большего количества активных зерен. Соответственно, происходит больше взаимодействий, что и приводит к повышенному трению [15]. Однако при одновременном увеличении скорости стола в зону шлифования за тот же период времени приходит меньшее количество зерен. Это приводит к меньшему количеству энергии, необходимой для формирования стружки. Надо отметить, что скорость стола оказывает большее влияние на толщину стружки, чем глубина резания.

С увеличением скорости стола из-за прироста максимальной толщины недеформированной стружки изменяется механизм ее образования, и доля упругопластической деформации уменьшается в пользу более раннего удаления стружки. Процессы трения на зерне снижаются, что приводит к меньшему тепловыделению. Кроме того, шлифование с высокой скоростью стола сокращает время контакта, препятствуя отводу тепла на поверхностный слой.

Одновременное увеличение скоростей шлифовального круга и детали практически поддерживает постоянной толщину стружки, в то время как удельный съем материала увеличивается.

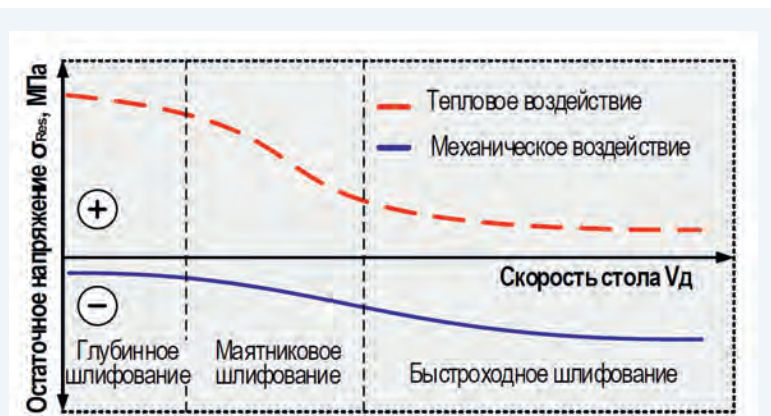
При более коротком времени обработки при быстроходном шлифовании было получено [16] подходящее качество поверхности при одновременном потреблении меньшего количества смазочно-охлаждающей жидкости. Кроме того, мощность шпинделя шлифовального круга была снижена.

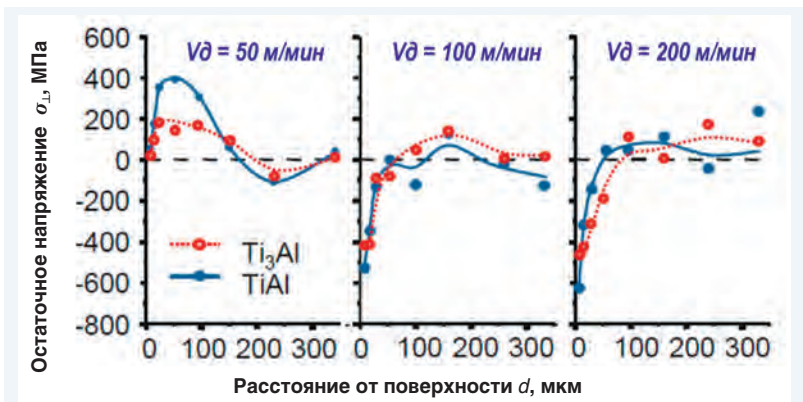
На основании экспериментальных и расчетных данных [16], (рис. 5), можно утверждать, что для снижения температуры, возникающей в процессе обработки, и минимизации микроструктурных изменений в поверхностном слое целесообразно увеличивать скорость подачи детали.

Небольшие остаточные растягивающие или сжимающие напряжения желательны для медленного распространения трещин, особенно при циклических нагрузках [15]. Часто эти характеристики достигаются в ходе последующего производственного процесса, такого как дробеструйная обработка или полировка валиком. Однако если сам процесс шлифования обеспечивает желаемую целостность поверхности, технологическая цепочка будет сокращена, а усилия сэкономлены.

Шлифовальные круги из CBN обладают более высокой износостойкостью, чем обычные инструменты из электрокорунда, что приводит к сокращению отходов. Благодаря более высокой теплопроводности в поверхностном слое заготовки часто могут возникать положительные сжимающие напряжения. Тем не менее инструменты из CBN дороже обычных, требуют высокой скорости вращения и, следовательно, высокой мощности шпинделя для достижения своих преимуществ. Таким образом, правильный технологический цикл имеет решающее значение для устойчивого использования абразивных инструментов из CBN.

Оценка благотворного влияния увеличения скорости детали v_d на остаточные напряжения приведена в работе [17]. В результате математического моделирования пока-





Условия скоростного быстроходного шлифования

Материал: Ti-45Al-2Mn-2Nb + 0,8% TiB2
 Шлифовальный круг: D151 L5 V600
 СОЖ: Эмульсия
 $Q_{уд} = 40 \text{ мм}^3/\text{мм}\cdot\text{с}$

$v_{кр} = 160 \text{ м/с}$
 $Q = 500 \text{ мм}^3/\text{мм}$
 Схема движений: попутное шлифование
 Станок: Blohm Profimat MT 408 HTS

Рис. 7. Переход от остаточного растягивающего к остаточному сжимающему напряжению при увеличении скорости стола

зано, что остаточные напряжения в поверхностном слое закаленной и отпущенной стали уменьшаются при увеличении v_d и сохранении постоянной скорости удаления. Это подтверждает идею о том, что остаточные напряжения преобладают в тепловых эффектах для низких скоростей стола, как видно на рис. 6.

В настоящее время все большее значение в аэрокосмической промышленности приобретают алюминиды γ -титана благодаря своему низкому удельному весу и такой же жаропрочности, как и у сплавов на основе никеля [18]. Алюминиды γ -титана считаются труднообрабатываемыми материалами вследствие их низкой теплопроводности и хрупкости. Поэтому для их финишной обработки требуются стратегии шлифования с низкими тепловыми нагрузками. Быстроходное шлифование является многообещающей альтернативой традиционным стратегиям плоского шлифования. Чтобы использовать этот потенциал, необходимо знать механизмы образования стружки и износа инструмента, а проектирование процесса должно быть адаптировано к характеристикам материала.

В публикациях [18, 19] установлено, что вследствие низких температур поверхности при скоростном быстро-

ходном шлифовании возникают остаточные сжимающие напряжения в поверхностном слое отшлифованных γ -титановых алюминидов — см. рис. 7. Соответственно процессы высокопроизводительной абразивной обработки для труднообрабатываемых материалов также достижимы, если известны механизмы шлифования, а схема процесса адаптирована к обрабатываемому материалу [19].

Уменьшение остаточных растягивающих напряжений повышает функциональность продукта, приводит к увеличению срока его службы и снижению воздействия на окружающую среду.

Процесс шлифования развивался от обычного (низкий съем и скорость резания) к высокоскоростному шлифованию (низкий съем и высокая скорость резания), в то же время было разработано глубинное шлифование (высокий съем и низкая скорость резания). Изобретение искусственных суперабразивов привело к высокопроизводительному шлифованию [20] (высокий съем и высокая скорость резания — *HEDG*), самому производительному из всех процессов шлифования.

На рис. 8 показано предложенное Вернером (G. Werner) [20] наглядное разграничение различных методов шлифования по глубине и скорости резания. Разделение методов носит несколько условный характер и проходит как по глубине резания — 0,3 мм, так и скорости шлифования — 80 м/с.

Применением супервысоких скоростей резания от >80 м/с до 250 м/с, которые используются в промышленности, глубинное шлифование *CFG* превращается в высокоэффективное *HEDG*.

Кроме того, из рисунка следует, что между обычным шлифованием и высокоскоростным, с одной стороны, и глубинным и *HEDG* — с другой стороны, существует открытая зона, которая характеризуется экстремальными температурами в краевой зоне заготовки и, следовательно, не имеет практического использования. Эта зона распространяется с увеличением скорости резания при шлифовании, а также увеличивается в целом при более высокой скорости детали или при более высокой производительности резания.

Исследования [21] показали, что процент энергии, рассеиваемой в виде тепла в заготовку, колеблется от 3–5% при глубинном шлифовании до 70–80% при обычном чистовом шлифовании кругом из Al_2O_3 . Поскольку воздействие энергии на заготовку при глубинном шлифовании очень низкое, можно добиться меньшего вредного воздействия на целостность поверхности.

При шлифовании сталей методом *HEDG* удельная энергия находится в диапазоне 7–20 Дж/мм³ и 10–100 Дж/мм³ при глубинном шлифовании [22]. Кроме того, большая часть тепла, преобразованного в зоне контакта, отводится стружкой, поэтому может быть достигнуто меньшее изменение целостности поверхности.

Таким образом, осуществляя выбор процесса шлифования путем изменения соотношений кинематических составляющих процесса: скоростей круга, детали и глубины резания, можно управлять энергоемкостью процесса, наращивать фазу

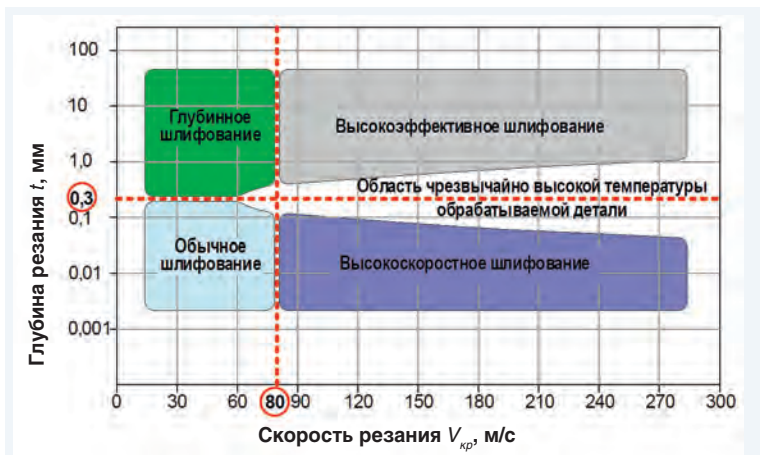


Рис. 8. Сравнительное разграничение различных методов шлифования по глубине резания и скорости шлифования

Таблица 1

№ п/п	Эквивалентная интенсивность выбросов углекислого газа CO ₂	Единица измерения	Значение
1	Использование электроэнергии	г – CO ₂ /кВт ч	381
2	Производство шлифовального круга	г – CO ₂ /кг	33747,8
3	Утилизация шлифовального круга	г – CO ₂ /кг	13,46
4	Производство СОЖ	г – CO ₂ /л	977,6
5	Утилизация СОЖ	г – CO ₂ /л	2,9
6	Производство смазочного масла	г – CO ₂ /л	469
7	Утилизация стружки	г – CO ₂ /кг	63,4

Таблица 2

Наименование цикла	Параметры технологического цикла			
	u ₁ , мм	t ₁ , с	u ₂ , мм	t ₂ , с
Цикл №1	0,025	7	0,010	2,5
Цикл №2	0,020	8	0,010	4
Цикл №3	0,015	10	0,005	10

стружкообразования, улучшая эффективность обработки, повышать качество шлифуемых деталей, увеличивая их жизненный цикл. Однако все это можно результативно реализовать, имея соответствующие: компоновку, конструкцию узлов шлифовального станка, систему правки круга, специально подобранный или вновь спроектированный и изготовленный абразивный инструмент, выбранные параметры подачи, состава и фильтрации смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), и, соответственно, определяемые принципы утилизации расходных материалов.

Общая экологическая эффективность шлифования может быть повышена за счет модификации схемы процесса, так как почти всегда существует возможность выбора кинематических соотношений параметров режима обработки.

Примером экологичного шлифования является прецизионное производство зубчатых колес, применяемых в автомобилях. В работе [23] показано, как повышение качества эвольвентных поверхностей зубьев приводит к повышению эффективности зацепления зубчатых пар. Как следствие этого вся трансмиссия автомобиля стала потреблять значительно меньше энергии на всем этапе использования.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ШЛИФОВАНИЯ

Основными выбросами, которые учитываются в первом приближении при моделировании шлифования, являются выбросы из-за потребления электроэнергии, необходимой для осуществления абразивной обработки на станке при производстве и утилизации шлифовального инструмента, при производстве и утилизации СОЖ и масла, наконец, для утилизации стружки. В **таблице 1** собраны значения эквивалентного выброса CO₂ для процесса шлифования [24].

Влияние параметров технологического цикла на выбросы CO₂ можно продемонстрировать результатами ра-

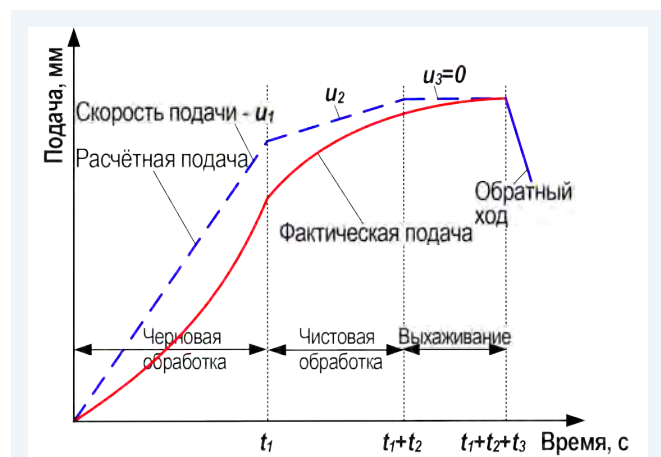


Рис. 9. Типовой цикл бесцентрового шлифования

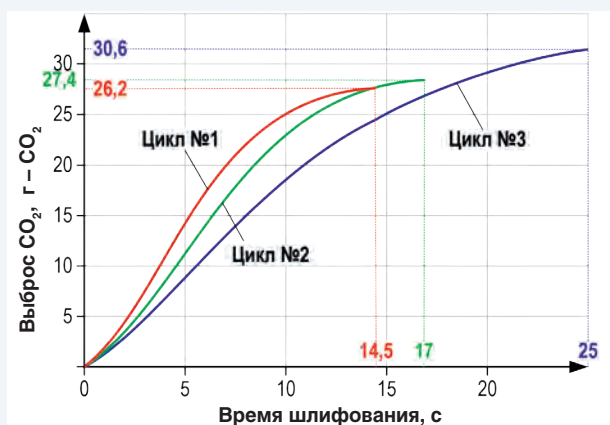


Рис. 10. Зависимости эквивалентных выбросов CO₂ в процессе бесцентрового шлифования по трем циклам

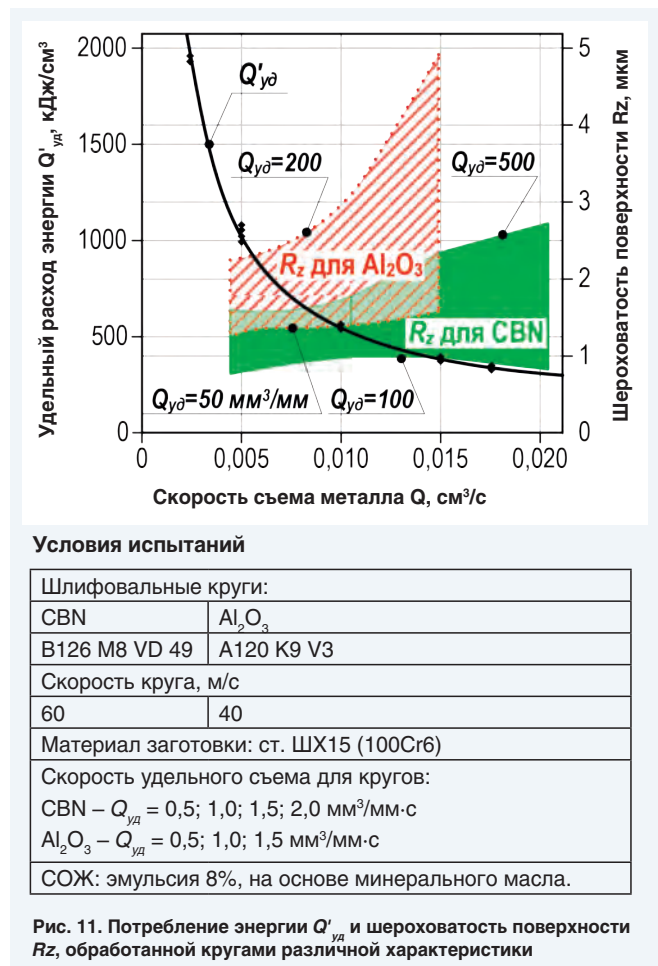
боты [25]. Были проведены экспериментальные исследования по обработке на бесцентрово-шлифовальном станке МК1080 цилиндрических заготовок диаметром 20 мм, длиной 150 мм, изготовленных из стали 45 с глубиной шлифования 0,2 мм.

В **таблице 2** показаны три программы обработки, отличающиеся скоростями черновых и чистовых подач *u* и временем резания *t* в соответствии со схемой типового цикла, показанной на **рис 9**.

Кривые эквивалентного выброса CO₂ во времени, построенные в результате моделирования для трех программ NC, показаны на **рис. 10**. Для цикла № 1 из-за большей скорости подачи вначале выделяется больше углекислого газа. Однако его окончательный выброс был наименьшим из-за наименьшего времени.

Сравнивая **рис. 9, 10** и данные **таблицы 2**, можно также обнаружить, что кривые эквивалентного выброса углекислого газа имеют сильную зависимость от скорости подачи. В общем большая скорость подачи означала более высокую скорость выброса CO₂.

По сравнению с другими процессами механической обработки полученные в работе [25] результаты согласуются с предположениями о том, что потребность в энергии при шлифовании снижается по мере увеличения скорости съема материала. Достижение большей устойчивости абразивной обработки будет происходить на основе многомерной оптимизации процесса при одновременном обращении к качеству, производительности, затратам и энергопотреблению.



ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Как известно, качество поверхности является одним из приоритетов процесса шлифования. В статье [26] показано влияние характеристики круга и режимов обработки на выброс CO₂ при обеспечении приблизительно равного качества.

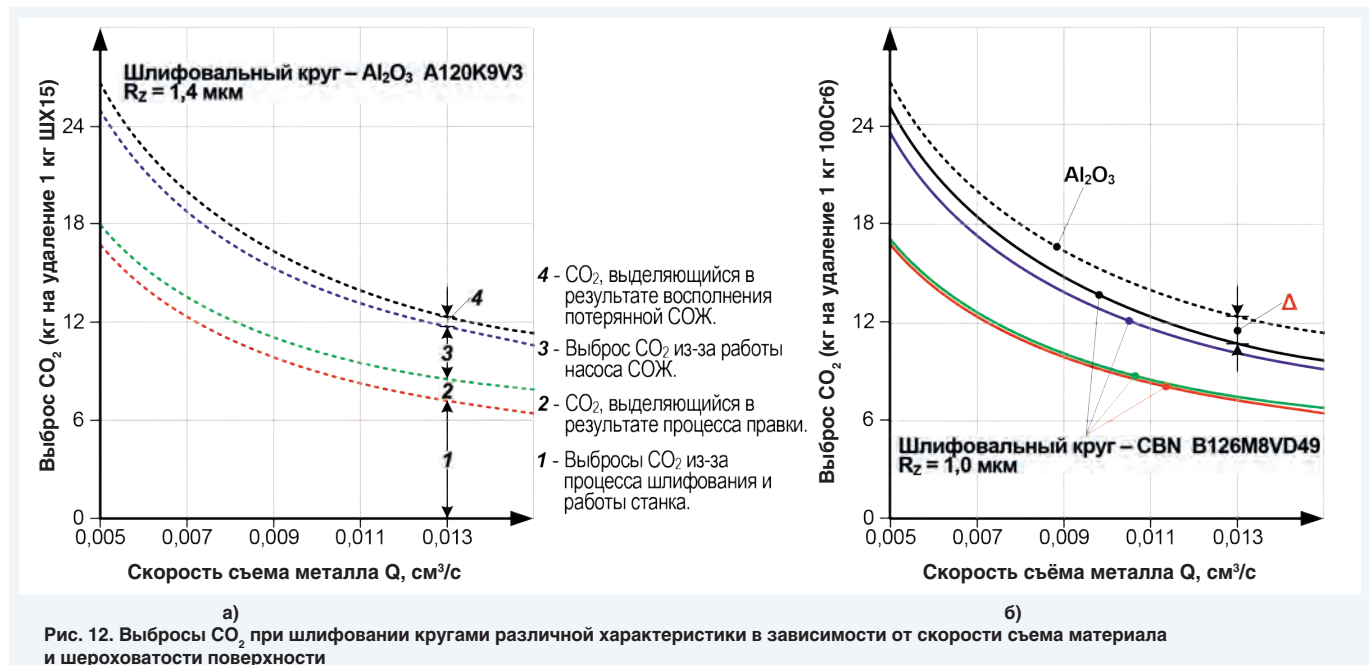
На внутришлифовальном станке Studer S120 с ЧПУ кругами прямого профиля, диаметром 40 мм, разной характеристики, с разной скоростью съема и разным объемом снимаемого материала обрабатывались детали из закаленной высокоуглеродистой легированной стали ШХ15 (62 HRC). Использовались круги из CBN и Al₂O₃ на керамической связке с одинаковым размером зерна и расстоянием между зернами. Однако зерна Al₂O₃ обладали более низкой микротвердостью, чем зерна CBN. В качестве охлаждающей жидкости применялась эмульсия концентрации 8,0% на основе минерального масла. В ходе испытаний непрерывно регистрировались энергопотребление системой сбора данных National Instrument, а также периодически шероховатость поверхности R_z с помощью прибора HOMMEL-ETAMIC® T1000 basic.

Как показано на рис. 11, шероховатость поверхности ухудшается по мере увеличения скорости съема металла, особенно при шлифовании кругами из Al₂O₃. Увеличение удельного съема материала также ухудшает шероховатость поверхности. Как видно из рис. 11, круги из Al₂O₃ при Q_{уд} ≥ 200 мм³/мм нуждаются в более частой правке для поддержания постоянной чистоты поверхности.

Качество поверхности обработанной детали тем хуже, чем больше износ круга, и поэтому требуется более частая правка. Обработка кругом из CBN приводит к более низкому потреблению энергии, высокому качеству поверхности и относительно низкой скорости износа инструмента. Круги из CBN обладают большей экологической эффективностью.

В работе [26] воздействие шлифовального станка на окружающую среду, вызываемое потребностями в электроэнергии и СОЖ, определено количественно и связано с параметрами процесса и шероховатостью поверхности детали для этого случая шлифования.

Общее потребление электроэнергии, эквивалентное выбросу CO₂ для шлифовальных кругов из CBN и Al₂O₃, состоит из трех частей (см. рис. 12). Во-первых, потребление энергии для процесса обработки (включая базовую нагрузку станка и фильтр отработанного воздуха). Во-вторых, существующий на станке Studer S120 процесс правки требует около 5 кВт. В-третьих, работа насоса подачи СОЖ (около 2 кВт) производится как в процессе обработки, так



и в момент правки. Расход СОЖ обусловлен потерями хладагента во время работы за счет испарения, разбрызгивания и др. факторов, которые принимаются в пределах от 5 до 30% от количества заливки [26]. При производстве 1 кг эмульсии на основе минерального масла выделяется 0,168 кг CO₂. Разница Δ по оси ординат в расположении суммарных кривых выбросов CO₂ для кругов из CBN и Al₂O₃ определяет экоэффективность применения абразивного инструмента из CBN.

В заключение следует отметить, что повышение устойчивости процесса шлифования и станка может быть достигнуто, например, путем применения новых технологий производства шлифовальных кругов, использования насосов с регулируемой скоростью или использования альтернативных технологий охлаждающей смазки для снижения энергопотребления процесса и станка. Можно сформулировать различные стратегии для снижения потребления энергии и ресурсов в отношении проектирования и управления технологическим процессом шлифовальных станков, а также технологических и организационных аспектов [1–26]:

- Выбор оптимальной мощности станка и вспомогательных систем.
 - Применение более эффективных приводов и насосов.
 - Рекуперация тепловой или кинетической энергии внутри станка.
 - Замена интегрированных периферийных устройств централизованными (или наоборот).
 - Выборочное включение устройств, требующихся не постоянно (таких как насосы и вентиляторы).
 - Разработка и применение новых способов шлифования, направленных на уменьшение тепловыделения в зоне резания.
 - Оптимизация технологических параметров (например, за счет усовершенствованной конструкции инструмента, шпинделя и конструкции станка или за счет использования высокопроизводительных абразивных материалов) и траекторий движения инструмента.
 - Оптимизация программ ЧПУ и распараллеливание процессов (например, за счет использования многошпиндельных станков).
 - Изменение производственных технологий (например, гибридные процессы, такие как обработка с применением вибрации).
 - Замена определенных производственных технологий (например, твердое точение вместо шлифования или упрочнение и шлифование вместо отдельной закалки и шлифования).
 - Реализация автоматического перехода станка в спящий режим в непроизводительное время.
 - Сокращение времени простоя (например, за счет эффективных стратегий настройки и загрузки, а также мер по планированию производства).
 - Применение новых методов подачи и составов СОТС.
- Устойчивое шлифование является одним из трендов в направлении создания управляемого процесса прецизионной обработки для повышения его эффективности. Оно подчинено главной цели — сделать процесс шлифования более детерминированным, менее стохастическим и приближающимся к природному циклу экосистемы.

Литература

1. Aurich J. C. et al. Sustainability of abrasive processes // CIRP Annals. 2013. Т. 62. № 2. Р. 653–672.
2. Brundtland G. H. et al. Our common future; by world commission on environment and development. 1987.

3. O'Brien C. Sustainable production — a new paradigm for a new millennium // International Journal of Production Economics.— 1999. Т. 60. Р. 1–7.
4. Григорян Е. С. Классификация видов устойчивости предприятия // Концепт. 2015. № 3. С. 86–90.
5. Козлов В. А. Управление устойчивостью развития предпринимательских организаций отечественного автомобилестроения: дис. Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ), 2012.
6. Aurich J. C., Carrella M., Kirsch B. Product-oriented sustainability aspects of abrasive processes // International Manufacturing Science and Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2013. Т. 55454. С. V001T01A062.
7. Cf O. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development // United Nations: New York, NY, USA. 2015.
8. Sato B. K. et al. Novel comparison concept between CBN and Al₂O₃ grinding process for eco-friendly production // Journal of Cleaner Production. 2022. Т. 330. Р. 129673.
9. Wang Y. et al. Development of an evaluating method for carbon emissions of manufacturing process plans // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2015. Т. 2015.
10. ГОСТ 32602-2014. Правила расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов на основе удельных показателей.
11. Linke B. et al. Sustainability indicators for finishing operations based on process performance and part quality // Procedia CIRP. 2014. Т. 14. Р. 564–569.
12. Gutowski T., Dahmus J., Thiriez A. Electrical energy requirements for manufacturing processes // 13th CIRP international conference on life cycle engineering. Leuven, Belgium, 2006. Т. 31. №1. Р. 623–638.
13. Rowe W. B. Principles of modern grinding technology. William Andrew, 2013.
14. Ермолаев В. К. Современные шлифовальные станки: новые методы абразивной обработки // РИТМ машиностроения. 2017. № 10. С. 28–33.
15. Duscha M. et al. Higher competitiveness of speed-stroke grinding by using increased wheel speeds // International Manufacturing Science and Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2012. Т. 54990. Р. 7–14.
16. Linke B. et al. Combination of speed stroke grinding and high-speed grinding with regard to sustainability // CIRP ICMS. 2011. № 1.
17. Duscha M., Klocke F., Wegner H. Residual stress model for speed-stroke grinding of hardened steel with CBN grinding wheels // International Journal of Automation Technology. 2011. Т. 5. № 3. Р. 439–444.
18. Klocke F., Barth S., Mattfeld P. High performance grinding // Procedia CIRP. 2016. Т. 46. Р. 266–271.
19. Zeppenfeld C. Schnellhubschleifen von γ-Titanaluminiden. Dissertation. RWTH Aachen, 2005.
20. Werner G. High-efficiency deep grinding (HEDG) — Eine neue variante des Hochleistungsschleifens verbindet das hochgeschwindigkeits- und tiefschleifen // Deutsches Industrie Forum für technologie, Germany. 1995.
21. Malkin S., Guo C. Thermal analysis of grinding // CIRP annals.— 2007. Т. 56. № 2. Р. 760–782.
22. Jin T., Stephenson D. J. Investigation of the heat partitioning in high efficiency deep grinding // International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2003. Т. 43. № 11. Р. 1129–1134.
23. Helu M., Vijayaraghavan A., Dornfeld D. Evaluating the relationship between use phase environmental impacts and manufacturing process precision // CIRP annals. 2011. Т. 60. № 1. Р. 49–52.
24. Narita H. et al. Development of prediction system for environmental burden for machine tool operation (1st report, proposal of calculation method for environmental burden) // JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing. 2006. Т. 49. № 4. Р. 1188–1195.
25. Ding H. et al. An investigation on quantitative analysis of energy consumption and carbon footprint in the grinding process // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2014. Т. 228. № 6. Р. 950–956.
26. Li W. et al. Eco-efficiency of manufacturing processes: A grinding case // CIRP annals. 2012. Т. 61. № 1. Р. 59–62.



IX Международный военно-технический форум «Армия-2023»

Дата: **14 августа — 20 августа 2023 г.**

Место: Конгрессно-выставочный центр «Патриот», Московская обл., г. Кубинка

Организатор: Министерство обороны Российской Федерации

На основании какого документа: Распоряжение правительства РФ от 07.07.2021 N 1846-р «Об утверждении перечней международных выставок продукции военного назначения, проводимых на территории Российской Федерации».

Краткое описание: Международный военно-технический форум «Армия» — одна из ведущих мировых выставок в области военной и оборонной промышленности.

В форуме прошлого года приняли участие 1 497 предприятий и организаций, которые представили 28 536 образцов продукции военного и двойного назначения. В 2022 году Министерство обороны России заключило 36 государственных контрактов с 24 предприятиями ОПК сумму более 525 миллиардов рублей. На площадках форума были представлены более 28,5 тысячи образцов продукции военного и двойного назначения. В рамках международного военно-технического сотрудничества портфель заказов составил 592 миллиона 650 тысяч долларов и 1 миллиард 770 миллионов рублей.

Формат «Армии» предусматривает выставочные экспозиции, демонстрационные и научно-деловые программы. Мероприятие включает в себя три основных кластера: авиационный, сухопутный и водный. На аэродроме «Кубинка» будут представлены новинки авиапромышленности, а также пройдут показательные выступления пилотажных групп. На территории полигона «Алабино» участникам и посетителям традиционно покажут возможности сухопутной и водной техники.

Подробности на сайте
<https://www.rusarmyexpo.ru/>



ОРГАНИЗАТОР



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР



МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ФОРУМ «АРМИЯ-2023»**

**14–20 АВГУСТА
ПАТРИОТ ЭКСПО**

www.rusarmyexpo.ru

МЕТАЛЛООБРАБОТКА. ТЕХНОЛОГИИ. ОБОРУДОВАНИЕ



RIMTOS 2023

Russian International
Machine-Tool and
Manufacturing Technology Show

20
23

Москва, МВЦ «Крокус-Экспо», павильон №2
24 — 26 октября 2023 г.

ОРГАНИЗАТОР:
Ассоциация «Станкоинструмент»
+7 (495) 650-58-04
+7 (495) 650-46-68
+7 (495) 650-38-11 (факс)
expo@stankoinstrument.ru
rimtos.ru



Ассоциация производителей
станкоинструментальной продукции
«СТАНКОИНСТРУМЕНТ»



weldex

22-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА СВАРОЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЙ

11-13 | МОСКВА
ОКТАБРЯ 2023 | КРОКУС ЭКСПО

ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
WELDEX.RU



+7 499 750 08 28
WELDEX@ITE.GROUP



по данным WELDEX 2022

FASTENEX

ОДНОВРЕМЕННО И НА ОДНОЙ
ПЛОЩАДКЕ С МЕЖДУНАРОДНОЙ
ВЫСТАВКОЙ КРЕПЕЖА,
ФИТИНГОВ И ИНСТРУМЕНТА



Организатор
ORGANISER



Официальная поддержка

Генеральный информационный партнер



ТЕРМООБРАБОТКА

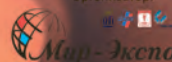
Шестнадцатая международная специализированная выставка
Единственная в России выставка
термического оборудования и технологий

12 - 14 сентября 2023

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 7

Основные разделы:

- » Оборудование для термической и химико-термической обработки
- » Промышленные печи и сушильные шкафы
- » Жаропрочная оснастка
- » Индукционное оборудование
- » Огнеупорные и теплоизоляционные материалы
- » Изделия из графита, углеродного волокна и углерод-углеродных композитов
- » Лабораторное и контрольно-измерительное оборудование
- » Вакуумная техника
- » Автоматизация производства



Организатор:



В рамках выставки "Термообработка - 2023" 13 сентября пройдет Шестнадцатая международная научно-практическая конференция "Инновационные технологии термообработки"
Место проведения: Москва, ЦВК "Экспоцентр", павильон 7, конференц-зал

Бронь стендов и
пригласительные билеты на
www.htexpo.ru



@termoobrabotka @htexpo_ru

YouTube youtube.com/user/termoobrabotka

ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ на 2023 год



РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на журнал «РИТМ машиностроения» с любого месяца. Стоимость одного номера — **500** рублей, стоимость годовой подписки (7 номеров) — **3500** рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: ritm@gardesmash.com

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

ООО «ПРОМЕДИА»
Юр. адрес: 107140, г. Москва,
ул. Верхняя Красносельская,
д. 17А, стр. 1Б
Почт. адрес: 107140, г. Москва,
ул. Верхняя Красносельская,
д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1
ИНН 7708266787
КПП 770801001
Р/с 40702810400120033781
ПАО АКБ «АВАНГАРД»
г. Москва
К/с 30101810000000000201
БИК 044525201

Фамилия, имя, отчество (получателя):

Наименование предприятия (организации, фирмы):

Индекс и полный почтовый адрес (получателя):

Юридический адрес (для выставления счета)

ИНН/КПП

Телефон:

E-mail (если он имеется)

Подписка на журнал «РИТМ машиностроения»: номер год

Подписка на журнал «Аддитивные технологии»: номер год



Вы можете оформить подписку на журнал «Аддитивные технологии» с любого месяца. Стоимость одного номера — **500** рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — **2000** рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: info@additiv-tech.ru



107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1, т/ф (499) 55-9999-8,

e-mail: ritm@gardesmash.com, www.ritm-magazine.ru

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

При поддержке:

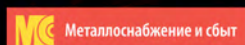


07-10 НОЯБРЯ 2023
МОСКВА, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Место проведения:



Генеральный
информационный партнер:



Оборудование и технологии
для металлургии
и металлообработки
МеталлургМаш'2023



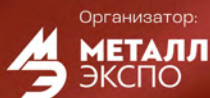
Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2023



Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГМК
МеталлТрансЛогистик'2023

**29-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ
ВЫСТАВКА**

МЕТАЛЛ ЭКСПО 2023



Организатор:

12+

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

www.metal-expo.ru



Станки лазерной резки листов и профилей YUEMING HAN'S LASER с источниками



3 ГОДА ГАРАНТИИ

1 - 40 КВТ

Листогибочные прессы ENERGY MISSION – лидер в области тяжелой гибки

НАДЁЖНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
С САМЫМИ СОВРЕМЕННЫМИ ОПЦИЯМИ
И ТЕХНОЛОГИЯМИ

5 ЛЕТ ГАРАНТИИ



ООО «Интеллектуальные Робот Системы»
105264, г. Москва, ул.10-я Парковая, д.20



+7 (495) 414 47 27
+7 (800) 777 02 01
sale@irobs.ru
www.irobs.ru