

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'6
2023

- **DMT: с заботой о клиентах, с опорой на партнёров**
- **Автоматизация, цифровизация, роботизация в России**
- **Цифровые инструменты планирования и управления в позаказном производстве**
- **Развитие кузнечно-штамповочного производства в условиях цифровой трансформации**
- **Востребованность инноваций в машиностроении**
- **Перспективы развития зубошлифования**



LightWELD XR



ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА

ЕДИНСТВЕННАЯ ПРОМЫШЛЕННО ПРИГОДНАЯ
УСТАНОВКА ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛА
ОБОРУДОВАНИЕ **АТТЕСТОВАНО НАКС**



Глубина проплавления при односторонней сварке:

- Низкоуглеродистая сталь – до 6 мм
- Нержавеющая сталь – до 6 мм
- Алюминий (АМг, АМц) – до 6 мм
- Алюминий АМГ6 – до 3 мм
- Титан и никелевые сплавы – до 5 мм
- Медь – до 2 мм

Простота ввода в эксплуатацию:

- Библиотека сварочных режимов по всем перечисленным металлам разных толщин
- Библиотека режимов очистки
- Обучение и ПНР при поставке

Подключение и охлаждение:

- Воздушное (туннельного типа, ПВ 90%) 220 VAC, 4 кВт
- Защитный газ – аргон/азот/гелий

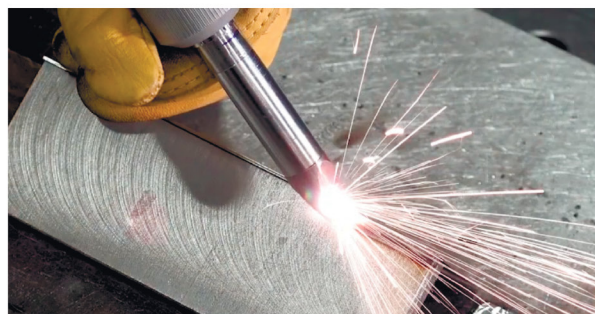
Переносной корпус:

- Вес – 53 кг

ПРОИЗВОДСТВО И СЕРВИС НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Преимущества LightWELD XR

- Функция очистки
- Лучший баланс габаритных размеров и производительности
- Возможна сварка толстых, тонких, разнородных высокоотражающих металлов без использования присадочной проволоки
- Предустановленные режимы и ручные настройки
- Безопасность в цеху – 3 контура безопасности, сертифицированные защитные очки в комплекте поставки



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

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

www.lightweld.ru



ООО «Арта Компонент»

ООО «Арта Компонент» с 2010 года является дочерней структурой и генеральным поставщиком специальных комплектующих российского разработчика и производителя электроэрозионного оборудования **Научно-Промышленной Корпорации «Дельта-Тест»** (город Фрязино, Московская область).

ОСНОВНОЙ СПЕКТР ПОСТАВЛЯЕМОЙ ПРОДУКЦИИ:

- ✓ **Электроэрозионный проволочно-вырезной станок Arta Component HK500 Servo:**
 - Исключительная точность и высокая производительность обработки;
 - Реверсивная подача проволоки;
 - Минимальные требования к расходным материалам;
 - Удобство и простота в эксплуатации;
 - Доступность оборудования, в наличии на складе Поставщика.

- ✓ **Видео-измерительная машина Arta Component MSRВ-300:**
 - Автоматизация процесса геометрических измерений, снижение брака за счет уменьшения влияния человеческого фактора;
 - Функция автофокусировки на детали;
 - Оснащение щуповой системой Renishaw, что позволяет в полуавтоматическом режиме строить модели детали и проводить на них измерения;
 - Укороченный срок поставки;

- ✓ **Расходные материалы и части электроэрозионных станков, широкий ассортимент в наличии на складе Поставщика:**
 - Проволока;
 - Фильтры;
 - Смолы;
 - Electroды;
 - Оснастка.

АРТА **КОМПОНЕНТ**

Группа АРТА



+7 (495) 995 52 21

+7 (985) 913 63 73

www.artacomp.ru

info@artacomp.ru

СОДЕРЖАНИЕ

8

С заботой о клиентах, с опорой на партнёров /
Taking care of customers, relying on partners

10

Роботизация в мире: итоги 2022 года / Robotics in the world: 2022 results

11

Российский рынок промышленной роботизации /
Russian market of industrial robotization

12

Мнение специалистов отрасли о тенденциях на российском
рынке роботизации / Industry experts opinion on trends in the Russian
robotics market

17

Роботизированные решения от отечественного разработчика /
Robotic solutions from domestic developer

18

Цифровые инструменты планирования и управления в позаказном
производстве / Digital tools for planning and management
in order-based production

24

Технологические методы контроля качества. Унификация производства /
Technological methods of quality control. Unification
in the production process

26

Развитие кузнечно-штамповочного производства в условиях цифровой
трансформации отечественного машиностроения /
Development in forging and stamping industry during digital environment
transformation of domestic mechanical engineering

31

Востребованность инноваций в машиностроении в условиях рыночной
экономики / Demand for innovations at mechanical engineering
as a market economy trend

34

Автоматизированная линия для нанесения покрытий методом
электродуговой металлизации / Automated coating line for electric arc
metallization

38

Перспективы развития зубошлифования /
The prospects for the development of gear 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.

Станки лазерной резки металла HGTECH



Лазерная обработка
материалов: оборудование,
технологии, производство

→ WALC — широкоформатный 5-осевой станок лазерной 3D-резки

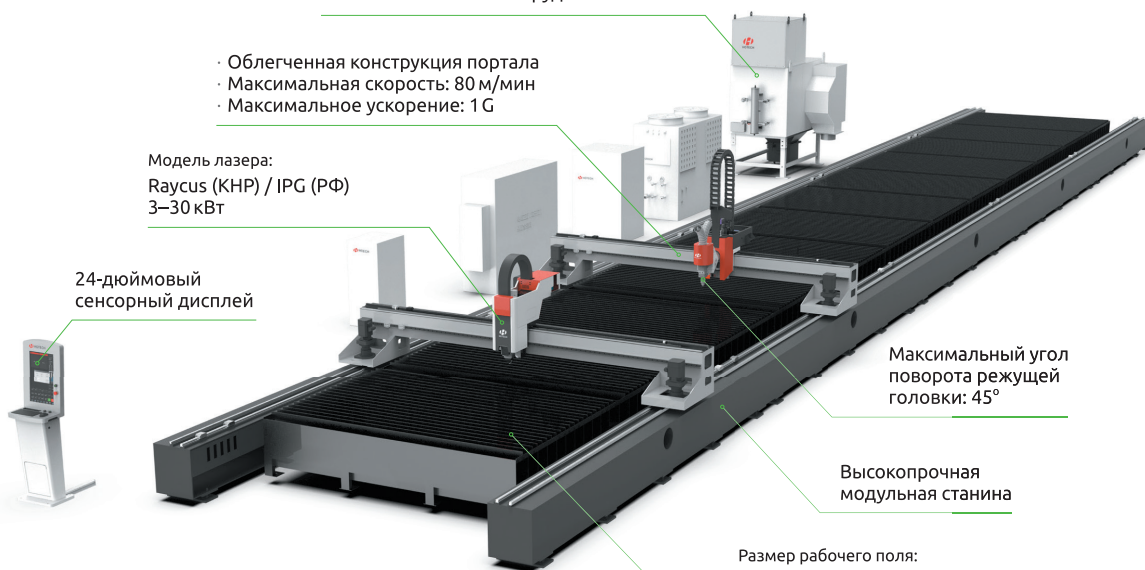
Обработка нестандартного листа и резка крупногабаритных деталей

Комплектующие от ведущих мировых производителей лазерного, электронного и пневматического оборудования

- Облегченная конструкция портала
- Максимальная скорость: 80 м/мин
- Максимальное ускорение: 1 G

Модель лазера:
Raycus (КНР) / IPG (РФ)
3–30 кВт

24-дюймовый
сенсорный дисплей



Максимальный угол поворота режущей головки: 45°

Высокопрочная модульная станина

Размер рабочего поля:

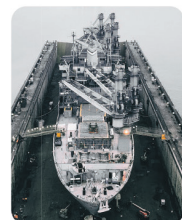
- Ширина от 3000 до 6000 мм
- Длина от 6000 до 20 000 мм
- (Прочие габариты по запросу)



Мостостроение



Машиностроение



Кораблестроение

→ AUTOBOT — станок лазерной 3D-резки

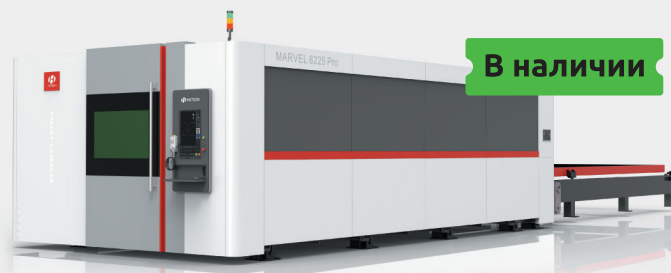
Высокая точность и эффективность обработки штампованных заготовок и листового металла



- Маломодовый источник IPG 3–6 кВт или одномодовый источник NordLase 1–2 кВт (*произведенные в РФ*)
- 5-осевая режущая головка
- Высокостабильная конструкция с порталом на направляющих
- Высокие скорости перемещения и ускорения лазерной головки
- Комплектующие от ведущих мировых производителей лазерного, электронного и пневматического оборудования, таких как Siemens (*Германия*), Hoerbiger (*Германия*), SMC (*Япония*)

→ MARVEL PRO — PREMIUM станок лазерной резки

Резка широкого спектра материалов и толщин (0.2–40 мм) на сверхвысоких скоростях



- Модель лазера: **Raycus/IPG** (НТО ИРЭ-Полус, Россия)
- Мощность: **12 кВт**
- Модель ЧПУ: **ANCA / Siemens**
- Скорость перемещения: **210 м/мин**
- Максимальное ускорение: **3.0 G**
- Рабочее поле: от **3050×1550 мм**

Возможные опции

Система перемещения листа

Система автоматизированной погрузки/выгрузки

Система автоматизированного удаления обрезков



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

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

Санкт-Петербург

8 (812) 507 81 00

info@lls-mark.ru

lls-mark.ru



Фото: <https://dzen.ru>

Внимание к лазерному оборудованию

19 октября председатель правительства РФ Михаил Мишустин, на форуме «Сделано в России – 2023» в столичном «Манеже», ознакомился с продукцией крупнейшего производителя лазеров в России НТО «ИРЭ-Полюс».

Компания, расположенная в городе Фрязино Московской области, является мировым лидером в индустрии волоконных лазеров большой мощности. Сегодня выпускается более 600 различных продуктов, многие из которых не имеют аналогов на мировом рынке. Разработки

экспортируются в Индию, КНР, Мексику, Белоруссию и Казахстан.

На выставке был представлен уникальный лазерный аппарат Urolase Max, применяемый в урологии, который обеспечивает клинический результат как в хирургии мягких тканей, так и в лечении мочекаменной болезни. Уникальным его делает наличие функции детектирования ткани.

В ходе диалога генеральный директор НТО «ИРЭ-Полюс» Николай Евтихийев обратился к Михаилу Мишустину с просьбой установить на законодательном уровне норматив об использовании только одноразового хирургического волоконного инструмента, что позволит обеспечить полную санитарную безопасность, а также выдвинул предложение по разработке единых сертификационных процедур для зоны ЕвразЭС. Глава правительства поддержал рассмотрение данных инициатив.

https://socam.me/government_rus/9321

Отечественный 3D-принтер для Центра аддитивных технологий

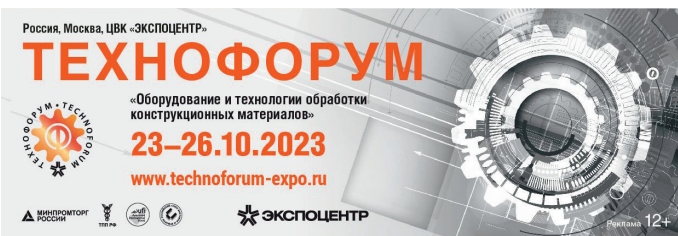
Группа компаний «Лазеры и аппаратура» оснастила первый в России Центр аддитивных технологий общего доступа (ЦАТОД) в Ижевске промышленным 3D-принтером для печати металлическими порошками МЛБ. Центр был открыт на базе Удмуртского государственного университета (УдГУ) 26 сентября этого года.

На установке будут отрабатываться аддитивные технологии и проводиться подготовка студентов и технических специалистов промышленных предприятий региона.

«Работа по развитию и внедрению современного высокотехнологичного оборудования на промышленных предприятиях, на наш взгляд, наилучшим образом может осуществляться именно в системе "производитель оборудования — университет — промышленное предприятие". Поскольку мы часто поставляем оборудование вместе с разработкой технологии, то видим, что для конечных потребителей наличие такого рода центров, оснащенных российским оборудованием, как открывшийся ЦАТОД в Ижевске, дает возможность быстрее и эффективнее внедрять современные технологии в производство», — отмечает исполнительный директор группы компаний «Лазеры и аппаратура» Анна Цыганцова.



<https://laserapr.ru/>



Выставка «Технофорум-2023»

Международная политехническая выставка оборудования и технологии обработки конструкционных материалов «Технофорум-2023» проходила **23–26 октября 2023 года** в ЦВК «Экспоцентр».

Выставка «Технофорум» — это эффективная площадка для демонстрации новейшего оборудования для различных секторов машиностроения, станкостроения и разработки конструкционных материалов. В тематику выставки включены такие разделы, как «Робототехника и автоматизация производства», «Сварка и родственные технологии», «Аддитивные технологии. Промышленная 3D-печать», «Экология в промышленности», «Термическая обработка».

Выставка «Технофорум» проводилась в рамках проекта «НТИ Экспо» и организована АО «Экспоцентр» при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Комитета Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации по науке и высшему образованию, под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ.

Высокая репутация выставки подтверждена сертификатами Всемирной ассоциации выставочной индустрии (UFI) и Российского союза выставок и ярмарок (РСВЯ).

Мониторинг цифровых технологий в Китае

ТОП-15 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ В КИТАЕ (ИНДЕКС ЗНАЧИМОСТИ)

Новые материалы	1,00	
Промышленный IoT	0,97	
Сети связи 5G	0,87	
Блокчейн	0,66	
Big Data	0,61	
Автоматизация ЦОД	0,61	
AR / VR	0,56	
3D-печать	0,47	
ИИ-чипы	0,29	
Телемедицина	0,26	
Облачные технологии	0,17	
Средства коммуникации	0,16	
Чат-боты	0,09	
Цифровая валюта	0,08	
ЖК-дисплеи	0,02	

источник: ИСИЭЗ.

Самой перспективной технологией в Китае, способной изменить все сферы жизни, является создание новых материалов. К такому выводу пришли эксперты Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ, проанализировав с помощью системы iFORA актуальную повестку китайских СМИ. Прогнозируемый объем этого рынка к 2025 году составит 10 трлн юаней (132 трлн руб.). «Черным золотом» в этой области названо углеродное волокно, применение которого позволяет сократить вес изделия на 30–40 %. Ежегодно спрос на углеволокно увеличивается в стране на 13 %.

На втором и третьем местах — промышленный интернет вещей (IoT) и сети связи пятого поколения. Далее в рейтинге — технологии блокчейн (их важность обусловлена масштабами интернет-торговли) и большие данные (по их объему, как ожидается, к 2025 году Китай займет первое место в мире с долей 28 % от общемирового показателя).

ИИ-чипы, производство которых Китай наращивает на фоне обострения конкуренции с Тайванем и США, заняли только девятое место рейтинга технологий ИСИЭЗ. План развития технологий искусственного интеллекта (ИИ) следующего поколения в КНР предполагает, что к 2025 году общий объем этого рынка достигнет 400 млрд юаней (5,3 трлн руб.), из которых на рынок чипов и сопутствующих технологий придется 174 млрд юаней (2,3 трлн руб.).

В ИСИЭЗ отмечают, что цифровая экономика — драйвер экономического развития Китая. С 2012 по 2021 год прирост ее объема в среднем составил 15,9 %, а доля в ВВП увеличилась с 21,6% в 2012 году до 41,5% в 2022-м.

<https://www.kommersant.ru/doc/6225951>

РОССИЙСКИЕ ПЯТИКООРДИНАТНЫЕ ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ

Прецизионные станки

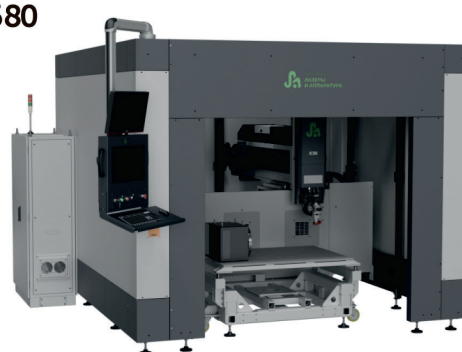
СЛП520



Станина — инструментальный гранит. Линейные и вращательные столы. Ход рабочего стола по XYZ — 650x650x650 мм. Глубусный стол для поворота и вращения изделия для на ±135°/360°п. Лазеры твердотельные пико- или фемтосекундные, волоконные.

Станки для лазерной обработки крупногабаритных изделий

СЛ580



Стальная сварная станина, консольное исполнение. Оптическая головка с динамическим изменением фокусного расстояния. Кинематическая система — ход рабочего стола по XYZ — 3000x1500x600 мм. Наклон оптической головки 135°, вращение изделия 360°п. Лазеры твердотельные пико- или фемтосекундные, волоконные.

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



г. Москва, Зеленоград, проезд 4922, д. 4, стр. 4

www.laserapr.ru
sale@laser-app.ru
 8 800 550 10 59
 +7 499 390 90 86



Государственная поддержка

Правительство РФ объявляет о новых мерах поддержки промышленности.

Постановление от 28 сентября 2023 года № 1585

Организации, специализирующиеся на оказании производственных услуг, в том числе высокотехнологичных, смогут стать участниками промышленных кластеров и рассчитывать на господдержку. Решение позволит поддержать сервисные компании, которые обеспечивают стабильность производственного процесса, отвечают за обслуживание и ремонт оборудования, доставляют материалы, предоставляют услуги по проектированию и разработке новых продуктов и технологий, обработке и переработке сырья.

Этим же постановлением смягчается ряд требований для участников промышленных кластеров, претендующих на получение господдержки. В частности, для предприятий, которые выпускают импортозамещающую продукцию, снимается обязанность по ведению раздельного учёта зарплаты работников, задействованных в реализации импортозамещающих проектов. Сокращён перечень документов, которые предоставляют организации кластеров для подтверждения соответствия требованиям.

Подписанным документом внесены изменения в постановление правительства от 31 июля 2015 года № 779.

Распоряжение от 5 октября 2023 года № 2715-р

На поддержку разработок, связанных с искусственным интеллектом, будет дополнительно направлено около 1,2 млрд рублей. Из них свыше 800 млн рублей предусмотрено на гранты малым предприятиям — разработчикам продуктов и сервисов на базе искусственного интеллекта. Средства они смогут использовать на внедрение своих решений. Ещё 250 млн рублей пойдёт на формирование и актуализацию наборов данных, востребованных в коммерческом обороте, а также — инфраструктуры доступа к ним. Также чуть более 100 млн рублей предусмотрено на финансирование старта второй волны исследовательских центров в области искусственного интеллекта.

Распоряжение от 5 октября 2023 года № 2713-р

На поддержку разработок, связанных с новыми перспективными технологиями и материалами, в 2023 году будет дополнительно направлено 500 млн рублей. Субсидии на реализацию инновационных проектов будут предоставляться по линии Минобрнауки и Фонда поддержки проектов Национальной технологической инициативы центрам Национальной технологической инициативы, созданным на базе крупнейших российских вузов.

Распоряжение от 18 октября 2023 года № 2880-р

На проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) для предприятий, создающих инновационную продукцию, будет дополнительно направлено 5 млрд рублей. Средства поступят из резервного фонда кабмина и позволят поддержать около 70 инновационных проектов, в том числе в области металлургии, станкостроения.

С помощью федеральных субсидий предприятия смогут компенсировать часть затрат на подготовку и закупку оборудования, комплектующих, сырья и материалов, изготовление опытных образцов, разработать и вывести на рынок широкий спектр импортозамещающей продукции.

Правительство РФ выделит 3 млрд рублей для станкоинструментальной отрасли на гарантии по льготным условиям для профильных предприятий, действующих в рамках оборонно-промышленного комплекса. Об этом сообщил премьер-министр РФ Михаил Мишустин на совещании со своими заместителями. Это позволит предприятиям направить средства на обеспечение исполнения контрактов по ставке меньше 1% годовых. Благодаря такой мере будет снижена финансовая нагрузка на представителей отрасли.

Ещё 500 млн рублей пойдут в виде субсидий производителям станкоинструментальной продукции. Эти ресурсы дадут им возможность предоставлять покупателям скидки в размере до 30% в зависимости от вида товара.

<http://government.ru/>



Новинки с выставок

Компания SEKIRUS на выставке Rusweld в московском «Экспоцентре» представила новый роботизированный комплекс сварки лазер-гибрид с лазером мощностью 1,5 кВт. Принцип гибридной технологии заключается в том, что электрическая дуга и лазерный луч действуют одновременно в зоне расплава, поддерживая друг друга. В результате при однопроводной гибридной сварке с помощью представленного комплекса осуществляется проплав до 10 мм, в то время как при полуавтоматической сварке — 6 мм.

Как пояснил генеральный директор компании Андрей Гринев, с увеличением мощности лазера увеличивается и толщина проплава: «На уста-

новках с лазером мощностью 20 кВт мы добились на сегодняшний день получения качественного сварного шва 25 мм без разделки при скорости сварки — 1,5 метра в минуту».

Еще один интересный экспонат компании — чиллер для лазерного источника, выполненный на основе контроллера собственного производства. Контроллер способен собирать информацию с 14 датчиков и компонентов установки, осуществляя контроль температуры точки росы в контуре охлаждения лазерной головки во избежание образования конденсата на оптике и отдельно поддерживать температуру в контуре охлаждения лазера на уровне 21°C, писать лог-файл об ошибках и состоянии оборудования и сохранять его в течение месяца. Если на предприятии несколько холодильных установок, данные с них могут быть выведены для анализа на один компьютер офлайн или онлайн на выбор через WiFi или LAN соединение. Свои контроллеры компания предлагает к поставке заказчикам отдельно для монтажа в оборудование сторонних производителей.

Роботизированная электроэрозионная обработка

Изобретение ученых Передовой инженерной школы Пермского политеха (патент № 2802609) впервые позволило выполнить электроэрозионную обработку деталей при помощи робота, что расширяет технологические возможности процесса. Его использование позволяет уменьшить человеческий труд и удешевить производство изделий.

Изобретение содержит электрод-инструмент, систему подачи рабочей жидкости, генератор тока, блок управления и устройство для управляющей программы. Робот снабжен системой сбора и отвода отработанной жидкости и продуктов электроэрозии, вымываемых в процессе прошивки отверстия. Он зафиксирован у основания и имеет подвижные звенья. Отдельные части механизированной руки могут выполнять вращательные и поступательные движения. На выходном звене расположена «кисть» руки-манипулятора с быстрозажимным патроном, который закрепляет и позволяет быстро менять электрод-инструмент. Такой робот обеспечивает прошивку отверстий в сложнопрофильных изделиях с поверхностями из различных материалов, полностью или ограниченно проводящих электрический ток без применения дополнительных технологических переходов и перемещения.

<https://pstu.ru/>



Новый центр

В Челябинске состоялось торжественное открытие лазерного центра ООО «УралТермоЛазер». Проект реализован в стратегическом партнерстве между ООО «ТермоЛазер» и ООО «УралТермоЛазер». Его открытие поддержали Министерство промышленности и торговли РФ, Правительство региона, ТПП и опорные вузы.

Этот инжиниринговый центр станет центром развития и внедрения технологии лазерной поверхностной обработки в производственные циклы предприятий Региона. Центр готов обеспечить ведущие отрасли промышленности инновационными технологиями, позволяющими оказывать услуги по лазерной обработке деталей, а также инжиниринговые услуги по внедрению

технологического процесса в производственные циклы.

На открытии состоялись демонстрация возможностей лазерного технологического комплекса ЛК-5В и научно-технический семинар для заказчиков и партнеров центра.

<https://termolazer.ru/>



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

- Гарантия качества

GSM всегда предлагает надежную поддержку и сервис

Вертикальный фрезерный станок с ЧПУ



GSM-1510S



GSM-3000S



GENG-SHUEN CO., LTD.
E-mail: genshu@ms55.hinet.net <https://www.gsm-cnc.com.tw>





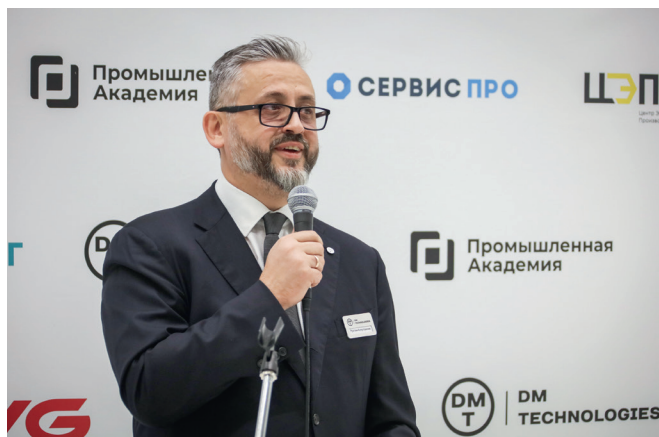




С ЗАБОТОЙ О КЛИЕНТАХ, С ОПОРОЙ НА ПАРТНЁРОВ

25 и 26 октября состоялось исключительное для нынешнего станкостроительного рынка событие — компания «ДМ Технолоджис» провела дни открытых дверей.

Компания молода, на рынке только с апреля 2022 года, но эти полтора года прошли в хорошем деловом темпе, и многочисленным гостям было что рассказать. В повестке дня российской промышленности — техническое перевооружение и технологический суверенитет, и домашняя выставка «ДМ Технолоджис» показала, что компании есть чем ответить на вызовы времени.



Генеральный директор компании Рустам Аляутдинов на открытии выставки сказал, что с апреля 2022 года поставлено уже более 100 единиц оборудования заказчикам практически по всей России, а также Республики Беларусь. С момента возникновения предприятия и до конца 2022 года выручка составила почти один миллиард рублей. Для начинающего предприятия это серьезный показатель, но команда давно в этом бизнесе, на протяжении многих лет она знает заказчиков, а заказчики знают команду. «Компания намерена поддерживать высокий темп в работе и быть максимально полезной заказчикам», — заверил Аляутдинов. Залогом тому служит клиентоориентированная политика компании, опирающейся на большой опыт работы на российском рынке и пул партнёров, которые со своими стендами также присутствовали на мероприятии. Генеральный директор «ДМ Технолоджис» подробно рассказал о

партнёрах, которые помогают реализовывать проекты по техническому переоснащению российских промышленных предприятий. Опора на сильные компании, сложение компетенций даёт мощный синергетический эффект. Квалифицированно обслуживать поставляемое оборудование помогает партнёрская компания «Сервис Плюс». Не только в гарантийный срок, но и по его окончании станки будут под профессиональным присмотром партнёра, который специализируется на сервисе «в новой реальности» и решает любые вопросы обслуживания, ремонта и поставки запчастей, связанных с эксплуатацией. В выступлении гендиректор «ДМ Технолоджис» приветствовал представителей компаний «Комплексный поставщик», «Станберг», «МЕАТЕК ИНЖИНИРИНГ», ГК «ТехНик», «СмартСервисБел». Помогая клиентам в решении финансовых вопросов, «ДМ Технолоджис» сотрудничает с лидером лизинга промышленного оборудования в России компанией «ДельтаЛизинг». Технологическими партнёрами стали компания «Уай Джи Уан Рус», поставщик режущего инструмента; «Фукс Ойл», гарантирующая высокое качество индустриальных масел и СОЖ; компания ЦЭПР, которая представила на домашней выставке инновационную систему контроля СОЖ, обрабатывающую данные



с нескольких станков. Это полностью российский продукт, разработанный и изготовленный новосибирскими специалистами. Специалисты «Промышленной академии» помогают компании и её заказчикам качественно обучать операторов, которые будут работать на станке после запуска оборудования в эксплуатацию.

Отдельно Рустам Аляутдинов остановился на производственной команде из Ульяновска, которая работает вместе с «ДМ Технолоджис». Она занимается предпродажной подготовкой текущего импорта станков, помогает доводить импортируемое оборудование до ожидаемых заказчиками качества, характеристик, комплектаций. Важной частью ульяновских производителей является сборка станков из комплектующих, которые «ДМ Технолоджис» ввозит под конкретные проекты по сборке. Но перед производителями стоит сейчас важнейшая задача, реализация которой начнется с 2024 года. Рустам Аляутдинов объявил о новом проекте, который называется COBALT. За этим названием стоят полностью российские станки собственной конструкторской разработки. На рынок поступают собранные на новой производственной площадке в Ульяновске станки с ЧПУ этой линейки: универсальный токарный станок Т2, трехосевой обрабатывающий центр М10, пятиосевой обрабатывающий центр А5. Как сказал Рустам Аляутдинов, это будет линейка станков, к которым заказчики уже привыкли, которые уже получили хорошие референции о качестве их работы. В конце текущего года будет премьера первой токарной машины серии COBALT, в 2024 году планируется сделать 40 машин, но ими планы компании на год не ограничиваются. Компания планирует поставить на отечественный рынок порядка 280 станков (вместе с произведенными в Ульяновске).

Зинаида Сацкая



МНЕНИЕ ГОСТЯ

Поделиться своим впечатлением от увиденного мы попросили одного из гостей — Павла Беликова, председателя правления НСПОИМ (Национального союза поставщиков оборудования и инструмента для металлообработки):

«ДМ Технолоджис» воспринимается как своего рода восприимчивый ушедшего из России концерна DMG MORI, что уж тут скрывать,— сказал Павел Беликов.— Концерн за время своего активного присутствия в России задал высокий стандарт домашних выставок, как это принято у серьезных компаний во всем мире. Дни открытых дверей DMT были интересны не только по профессиональным соображениям. Кроме прочего хотелось сравнить, что изменилось, каков теперь будет уровень организации мероприятия, понять, как персонал, переставший быть частью DMG MORI, не разбежался по другим компаниям и рынкам, а остался на станкостроительном рынке, сохранив полученные в DMG MORI компетенции. То, что DMT смогла сохранить костяк команды, — это большое дело, обусловившее бурный рост продаж, достойный уровень обслуживания, грамотный маркетинг. Я вижу в этом большую заслугу Рустама Аляутдинова».



РОБОТИЗАЦИЯ В МИРЕ: ИТОГИ 2022 ГОДА

В новом отчете World Robotics от сентября 2023 г. зафиксировано 553 052 установки промышленных роботов на заводах по всему миру, что означает рост на 5% в 2022 году по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. По регионам 73% всех вновь развернутых роботов были установлены в Азии, 15% в Европе и 10% в Америке.

«Мировой рекорд в 500 000 единиц превышает второй год подряд», — сообщает Марина Билл, президент Международной федерации робототехники. «Ожидается, что в 2023 году рынок промышленных роботов вырастет на 7% и превысит 590 000 единиц по всему миру».

Азия, Европа и Америка

Китай на сегодняшний день является крупнейшим рынком в мире. В 2022 году ежегодная установка 290 258 единиц побила предыдущий рекорд 2021 года ростом на 5%. Этот последний успех примечателен, поскольку он даже превышает результат 2021 года, который составил скачок на 57% по сравнению с 2020 годом. Чтобы обслуживать этот динамичный рынок, отечественные и международные поставщики роботов открыли производственные предприятия в Китае и постоянно наращивают мощности.

Количество установок роботов в **Японии** выросло на 9% до 50 413 единиц, превывсив уровень до пандемии в 49 908 единиц в 2019 году. Пиковый уровень остается на уровне 55 240 единиц в 2018 году. Страна занимает второе место после Китая по размеру рынка промышленных роботов. Япония является ведущей страной–производителем роботов в мире, ее рыночная доля составляет 46% мирового производства роботов.

Рынок в **Республике Корея** вырос на 1% — количество установок достигло 31 716 единиц в 2022 году. Это был второй год незначительного роста после четырех лет снижения показателей установок. Республика Корея остается четвертым по величине рынком роботов в мире после США, Японии и Китая.

Европа

Европейский Союз останется вторым по величине рынком в мире (70 781 единиц; +5%) в 2022 году. Германия входит в пятерку крупнейших стран мира по внедрению технологий с долей рынка 36% в ЕС. Количество установок в **Германии** сократилось на 1% до 25 636 единиц. Далее следует **Италия** с долей рынка 16% в ЕС — количество установок выросло на 8% до 11 475 единиц. Третий по величине рынок ЕС, **Франция**, зафиксировал региональную долю рынка в 10% и увеличил ее на 13%, установив 7 380 единиц в 2022 году. В **Великобритании** после Брексита количество установок промышленных роботов выросло на 3% до 2534 единиц в 2022 году.

Северная и Южная Америка

В **Северной и Южной Америке** количество установок выросло на 8% до 56 053 единиц в 2022 году, превывсив пиковый уровень 2018 года (55 212 единиц). На **Соединенные Штаты**, крупнейший региональный рынок, в 2022 году пришлось 71% установок в Северной и Южной Америке. Количество установок роботов выросло на 10% до 39 576

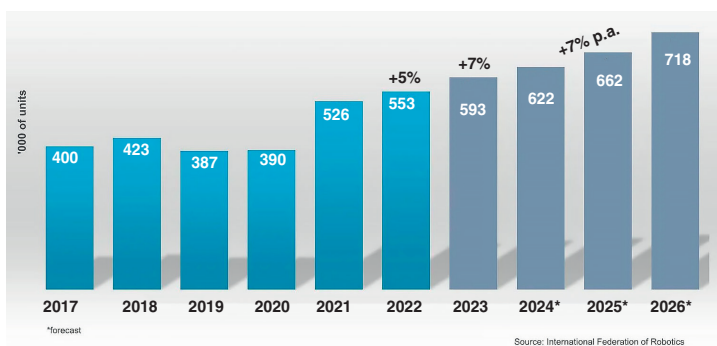


Рис. 1. Ежегодная установка промышленных роботов в мире в 2017–2022 гг. и 2023*–2026* гг. (в тысячах единиц)

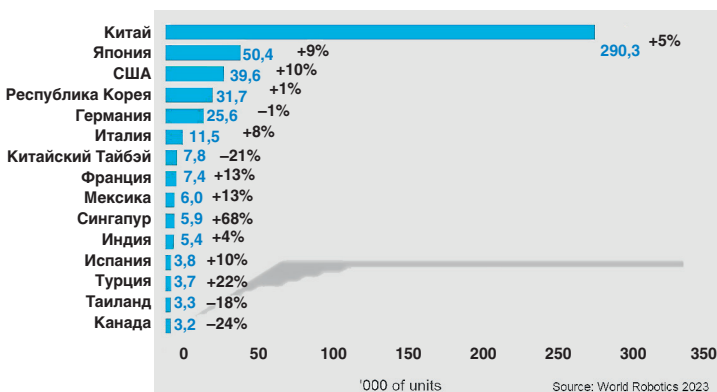


Рис. 2. Количество установок промышленных роботов на 15 самых больших рынках мира в 2022 году

единиц. Это лишь немного не дотянуло до пикового уровня в 403 733 единицы, достигнутого в 2018 году. Основным драйвером роста стала автомобильная промышленность, где наблюдался рост установок на 47% (14 472 единицы). Доля автомобильной промышленности теперь снова выросла до 37%, за ней следуют металлургия и машиностроение (3 900 единиц) и электротехническая и электронная промышленность (3 732 единицы).

Двумя другими крупными рынками являются **Мексика** — здесь количество установок выросло на 13% (6 000 единиц) и **Канада**, где спрос упал на 24% (3 223 единицы). Это стало результатом снижения спроса со стороны автомобильной промышленности.

Бразилия является важной производственной площадкой для автомобилей и автомобильных запчастей: с огромным потенциалом автоматизации. Годовое количество установок росло довольно медленно, с циклическими взлетами и падениями. В 2022 году было установлено 1 858 роботов. Это на 4% больше, чем годом ранее.

Перспективы

2023 год будет характеризоваться замедлением мирового экономического роста. Ожидается, что установка роботов в 2023 году не будет следовать этой схеме. Нет никаких признаков того, что общая долгосрочная тенденция роста скоро прекратится: скорее, наоборот. Ожидается, что отметка в 600 000 единиц, устанавливаемых в год по всему миру, будет достигнута в 2024 году.

<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas>

РОССИЙСКИЙ РЫНОК ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТИЗАЦИИ

В России, как и во всем мире, наблюдается тренд на роботизацию. По оценке деятельности 56 компаний — интеграторов промышленной робототехники, принявших участие в анкетировании, проведенном Национальной ассоциации участников рынка робототехники (НАУРР), их выручка от интеграции робототехнических комплексов (РТК) в 2022 г. выросла на 40,73 % по сравнению с аналогичным показателем 2021 года. Эти компании реализовали на предприятиях России, ближнего и дальнего зарубежья 655 проектов с интеграцией не менее 764 промышленных и коллаборативных роботов (в подсчет числа реализованных проектов включались завершенные в 2022 году). Что же касается 2023 г., по состоянию на май 2023 г. общее количество проектов «в работе» составляло 989, что уже на 50 % превышает количество проектов за весь 2022 г. Топ отраслей для интеграции: металлообработка и сварка, машиностроение, пищевая и нефтегазовая отрасли, а также такая сфера образования, науки и исследований».

Результаты исследования, опубликованного учеными НИУ «Высшая школа экономики» в 2023 г. в «Российском журнале менеджмента», содержат наблюдения о характере роботизации в российской экономике.

1. Было продемонстрировано, что в импорте роботов преобладают крупные предприятия с иностранным капиталом и предприятия-экспортеры, однако прирост в производительности от импорта промышленных роботов для неинтернационализированных предприятий сопоставим по размеру с эффектом от экспорта или привлечения иностранного капитала. Это означает, что для получения полной выгоды от роботизации важно стимулировать отечественные неинтернационализированные предприятия внедрять промышленных роботов.

2. Прямой импорт промышленных роботов составляет небольшую долю совокупного рынка роботов и осуществляется небольшим числом предприятий. Это имеет особое значение в условиях санкционных ограничений, когда, с одной стороны, созданы условия для стимулирования спроса на продукцию отечественных производителей робототехники, а с другой — для привлечения на российский

рынок компаний из различных стран, прежде всего Китая. По данным, использованным авторами, за 2022 г. производство отечественных роботов выросло более чем на 11 % и превысило 1 млрд руб.

3. С позиций экономической политики следует стимулировать роботизацию крупных предприятий, поскольку применение роботов является оправданным в первую очередь в крупносерийных производствах с большим числом повторяющихся операций. Кроме того, именно крупные предприятия часто первыми начинают внедрять новые технологии (робототехнику) в большем масштабе (т.е. сразу на разных производственных и организационных процессах), а затем на их примере осуществляется развитие технологий на малых и средних предприятиях.

4. В отраслевом разрезе внимание надо уделять автомобилестроению и производству электроники — драйверам роботизации промышленности в мире, а также развитию роботизации субъектов малого и среднего предпринимательства, занимающихся нестандартным мелкосерийным производством.

В государственных структурах понимают важность внедрения роботизации, что обусловило введение дополнительных мер поддержки для развития отрасли. Согласно заявлению главы Минпромторга Дениса Мантурова на встрече с президентом Владимиром Путиным, на станкостроение, и в т.ч. на внедрение в производство робототехники в России, будет выделено триста миллиардов рублей. «Мы сформировали бюджет. Беспрецедентный объем для этой отрасли — 300 миллиардов рублей до 2030 года, на трехлетку уже стоит в бюджете 138 миллиардов рублей, а общий объем федерального проекта составляет более 500 миллиардов рублей с региональными и внебюджетными инвестициями», — доложил Мантуров, поблагодарив Путина за поручение госпредприятиям и предприятиям с госучастием увеличить процент использования робототехнической продукции.

Ранее Денис Мантуров заявлял о необходимости проведения технологических аудитов промпредприятий для выработки рекомендаций по роботизации.

<https://robotunion.ru/56integ>, <https://dSPACE.spbu.ru/bitstream/11701/43928/1/04.pdf>
<http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/72579>



РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ РОБОТИЗАЦИИ

Даты проведения: с 11.12.2023 по 15.12.2023

Российская неделя роботизации — это единственное в России мероприятие, посвященное всем аспектам роботизации и включающее:

- Международный форум роботизации,
- выставку робототехнических инноваций,
- конференцию по актуальным вопросам роботизации,
- студенческие соревнования Robotics skills,
- семинары, мастер-классы, роботизированные представления.

Тема Международного форума роботизации – 2023: «Реформирование рынка роботизации России и кооперация с дружественными странами – первые результаты, барьеры и возможности».

Контакты: +7 (812) 644-01-26, rudakova.t@creonomyca.spb.ru

Для посещения мероприятия необходимо предварительно зарегистрироваться на сайте: <https://roboticsweek.ru/>

МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ОТРАСЛИ

Редакция журнала «РИТМ машиностроения» обратилась в Национальную ассоциацию робототехники участников рынка робототехники (НАУРР) с просьбой охарактеризовать процессы, происходящие на рынке.

- Как вы можете оценить тенденции на отечественном рынке робототехники?
- Какие технологические и организационные задачи стоят перед вашей компанией?
- Удалось ли справиться с технологическими проблемами, вызванными сменой компонентной базы?
- Какие положительные и отрицательные факторы влияют на развитие компании?



Ольга Мудрова,
исполнительный директор
НАУРР

Промышленная роботизация формирует основной спрос на робототехнические устройства и комплексы. Тройку наиболее активно роботизируемых отраслей как в мире, так и в России занимают автомобильная промышленность, металлургия и машиностроение, производство электроники.

Оценивая тенденции на отечественном рынке промышленной робототехники, необходимо отметить, что разработка

и производство роботов ориентируется на предприятия, на которых производятся машины, станки и оборудование. Рынок поставщиков изменился, поэтому сейчас необходимо сформировать компетенции и наладить серийное производство современных качественных решений. Это важная задача, реализация которой поддерживается на государственном уровне.

Определены приоритеты научно-технологического развития Российской Федерации в создании инновационной продукции, прорабатываются программы развития станкоинструментальной отрасли, к которой относятся промышленные роботы, обсуждаются условия повышения количества внедрений роботизированных устройств и комплексов.

Конечно, не все идет гладко. Зависимость от иностранных комплектующих по-прежнему является сдерживающим фактором для отечественных производителей и интеграторов робототехники. Нужна своя электроника, приводные устройства, гидравлика. И в целом эту проблему решить можно, поскольку в стране есть рынок, компетенции и ресурсы для их производства. Необходимо проводить постоянную работу по ревизии существующих линеек компонентов. Потребуется и долгосрочный план развития компонентной базы, исходя из имеющихся и необходимых машин и деталей.

Остается только активнее создавать условия для производства: утвердить стратегию развития робототехники, формировать кооперационные цепочки для продукта, поддерживать развитие производственной инфраструктуры, заниматься подготовкой инженерных кадров. Самый, наверное, значимый фактор для развития робототехники — спрос на продукцию.

НАУРР уже восемь лет проводит работу по повышению информированности предприятий о возможностях робототехники и условиях применения на различных про-

изводствах. Члены ассоциации отмечают повышение интереса к промышленной роботизации со стороны заказчиков, однако спрос на решения все еще остается нестабильным. Как результат — показатели числа интеграций роботов в России существенно отстают от мировых.

ЗАДАЧА НАШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА — СОДЕЙСТВОВАТЬ ПРИМЕНЕНИЮ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ. ЭТОЙ ЦЕЛИ НЕ ДОСТИЧЬ, ЕСЛИ НЕ ДЕЙСТВОВАТЬ СООБЩА, ПОЭТОМУ МЫ НАЛАЖИВАЕМ ПАРТНЕРСКИЕ СВЯЗИ, СОБИРАЕМ АНАЛИТИКУ, ОБЪЕДИНЯЕМ УЧАСТНИКОВ РЫНКА РОБОТОТЕХНИКИ НА СОВМЕСТНЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ, ПОМОГАЕМ ВЫВОДУ НА РЫНОК НОВЫХ ПРОДУКТОВ, ПРОВОДИМ КОНСУЛЬТАЦИИ ПО ВОПРОСАМ РОБОТИЗАЦИИ.

Нам важно обеспечить заказчиков максимальным уровнем информации о роботизации. НАУРР собирает экспертные группы для проведения технологического аудита на предприятиях, рассказывает о кейсах внедрений и активно взаимодействует с образовательными организациями, принимая участие в разработке программ подготовки специалистов для работы с роботизированными устройствами.

И еще одна задача — развивать новые направления робототехники, поддерживать разработчиков.

Определенные эффекты от этой работы уже есть: спрос на роботизацию затрагивает не только производственные операции, для которых давно применяются роботы, — операции металлообработки, сварки, окраски, сборки, контроля качества. Запрашивают роботизацию логистических операций: системы автоматизированного хранения, внутрицехового перемещения изделий между технологическими операциями. Растет интерес к применению аддитивных технологий при изготовлении узлов и деталей, разработке систем управления на базе искусственного интеллекта.

Конечно, такая работа не обходится без подготовки предложений в программы поддержки как для разработчиков, производителей и интеграторов, так и для предприятий-заказчиков. НАУРР продолжит участие в рабочих группах, взаимодействующих с органами власти, институтами развития, частными фондами и структурами для развития отечественной робототехники и роботизации производств.

Работы впереди еще много, но и результат того стоит.



Станислав Розанов,
генеральный директор
ООО «Тьюбот»

Мы работаем на активно растущем рынке внутритрубных роботов. Трубам нужна диагностика, ремонт и обработка. Разработка роботов, которые способны покрыть задачи клиента, удовольствие дорогостоящее и долгое, финансирование происходит инициативно за счет производителя. Чаще клиент не хочет вкладываться в капитальные затраты и ищет сервис. Результатом становится медленное внедрение роботов в от-

расль и медленное достижение потенциального эффекта. Только в нефтегазовой отрасли к 2030 г. потребуется более 1 млн разных роботов, подсчитали в Минэнерго, что будет давать эффект в несколько сотен миллиардов рублей в год. Мы оцениваем рынок внутритрубных роботов и сервиса в 5 млрд рублей в год, и он растет не менее чем на 20 % в год. Растет число участников, в первую очередь за счет университетов. Уровень технологий в России в данном сегменте превосходит Китай. Рынок покинули европейские компании, государство поддерживает разработку и внедрение. Барьерами является отсутствие законодательной базы, отсутствие координации, недостаточный объем поддержки для разработок и внедрения, кадровый дефицит, проблемы с комплектующими, уход крупных сервисных компаний-интеграторов, смещение акцентов инвестиционной деятельности на импортозамещение в основных процессах. Для преодоления барьеров создается отраслевой центр компетенций роботизации, в котором совместно будет работать научное сообщество, производители роботов, потребители, регуляторы, институты поддержки и инвесторы. Цель — объединить потенциальных потребителей и их возможности для скоординированного запуска разработки и внедрения роботов, минимизируя риски и дублирование, чтобы обеспечить ускоренный рост внедрения роботизации.

Наши роботы подходят для разных отраслей. Везде есть свои нюансы и требования на робота. Есть разные геометрии трассы, диаметры труб, задачи внутри трубы, дистанции. У нас несколько разработок для труб диаметром от 190 мм до 750 мм на дистанции до 1 км. Наша задача — разработать робот для меньших диаметров и удлинить дистанцию для существующих решений, что обеспечит увеличение рынка, на котором мы сможем работать. Нам требуется заместить часть компонентов. И мы планируем создать модули диагностики для сервисных услуг. Мы запустили внутренние НИОКР и работу с подрядчиками для решения этих задач в 2024 году. Расширяем наш полигон для тестирования разработок. Ищем конструкторов, робототехников и других специалистов. Занимаемся проектированием помещений для размещения нашей уже расширившейся компании. Мы в активной стадии испытания робота для одного из лидеров нефтяной отрасли, есть дорожная карта, где запланированы испытания и коммерческое использование в 2024 году. Сейчас мы сконцентрированы на сертификации.

Санкции отодвинули одну из наших основных разработок на полгода. У нас была кооперация с немецкой компанией, которая предполагала, что часть работ будет проходить в Германии. Нам пришлось пересобрать проект

и создать новую кооперацию без иностранных компаний. Мы достигли уровня локализации 70 %, и сумели заместить большинство европейских компонентов. Есть ряд критически важных комплектующих, которые мы планируем делать на территории РФ, и сейчас работаем над этим.

Росту способствует уход иностранных компаний и смещение внимания потребителя на внутренний рынок. Вся кооперация находится в одном месте, внутри НЦ «Технопарк», что ускоряет разработку и производство.



Денис Сатдинов,
директор ООО «Роботех»,
г. Пермь

Третий год подряд компания «Роботех» отмечает рост интереса представителей машиностроения к нашей продукции, в частности, к промышленным роботам. Количество запросов увеличивается по всем направлениям робототехники. Наши разработки находят применение в легкой и пищевой промышленности, в машиностроении, литейных, лакокрасочных цехах и для участия в процессах сварки,ковки, сборки, штамповки и в других сферах деятельности.

И если ранее возможности производимых нами роботов интересовали прежде всего инженеров-технологов, которые заботились о улучшении параметров производительности предприятия, точности и скорости изготавливаемых изделий, то с недавнего времени к ним присоединились отделы HR, нехватка рабочих рук на производстве вынуждает искать людям замену, внедрять автоматизацию процессов с помощью робототехники.

Для нас сейчас прежде всего важно удовлетворить высокий спрос клиентов, и сделать это как можно скорее. Мы понимаем от нашей быстрой реакции зависит скорость модернизации производств крупных промышленных предприятий, перед которыми стоят серьезные задачи. Мы продолжаем совершенствовать механику роботов, производимых в Перми. Однако спрос настолько велик, что мы решили не останавливаться только на собственных разработках. Наши IT-инженеры усовершенствовали системы управления, теперь нам доступна опция управления импортными роботами, произведенными в Китае. Мы внедряем роботизированные ячейки на предприятиях, используя за основу собственный софт и китайское железо.

Несомненно, высокий спрос положительно влияет на рост компании «Роботех». Мы постоянно развиваем собственные компетенции, успешно решаем непростые задачи наших заказчиков. Приобретая уникальные знания, мы их унифицируем и предлагаем готовые решения другим предприятиям, расширяем линейку предлагаемого оборудования. Чтобы удовлетворить спрос, мы приняли решение увеличить площадь производственных площадок. Не секрет, что на рынке промышленной недвижимости наблюдается дефицит качественных помещений, поэтому мы приняли решение построить собственный завод. Наш проект предусматривает организацию производства полного цикла. Планируем постройку литейного цеха с применением аддитивных технологий, механообрабатывающее и сборочное производство.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА СЧПУ

Согласно последнему отчету ведущей компании по исследованию рынка IMARC Group «Рынок компьютерного числового управления (ЧПУ): глобальные отраслевые тенденции, доля, размер, рост, возможности и прогноз на 2023–2028 годы», размер мирового рынка компьютерного числового управления (ЧПУ) достиг в 2022 году 81,0 миллиарда долларов США. Заглядывая в будущее, IMARC Group ожидает, что к 2028 году рынок достигнет 115,6 млрд долларов США, демонстрируя темпы роста (CAGR) 5,9% в течение 2023–2028 годов.

РОСТ РЫНКА СТИМУЛИРУЮТ:

- Внедрение различных технологий. Появление 4-, 5- и 6-осевой обработки на станках с ЧПУ обеспечивает высокую точность, улучшенную форму и качество поверхности, производительность.
- Многочисленные преимущества, предлагаемые ЧПУ, такие как высокая скорость и эффективность производства, низкие эксплуатационные расходы, высокая точность.
- Многочисленные технологические достижения в области ЧПУ: внедрение ключевыми игроками виртуальной реальности; рост использования технологии трехмерных (3D) камер для лучшего мониторинга процессов по сравнению с двумерными (2D) камерами и др.
- Растущее использование интернета вещей (IoT), машинного обучения (ML) и решений для больших данных в ЧПУ для уменьшения человеческих ошибок и повышения производительности.

- Растущее использование ЧПУ в аэрокосмической и оборонной промышленности для сложных процессов: центровки планера, управления роботами, аддитивной обработки, размещения волокон и укладки ленты, а также 5-осевой обработки.
- Внедрение СЧПУ в аддитивное производство, фрезерование, шлифование, сверление и полировку благодаря его автоматизированной точности.
- Рост использования ЧПУ в производстве некоторых автомобильных компонентов, таких как ветровые стекла, внешние листы кузова, дверные панели и различные внутренние компоненты.
- Растущий спрос на ЧПУ среди малых и средних предприятий (МСП) из-за повышения качества продукции.
- Господдержка внедрения ЧПУ на некоторых производственных предприятиях в целом ряде стран.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ РЫНОК СЧПУ: МЫСЛИ ВСЛУХ

Опрос ведущих специалистов, работающих на российском рынке СЧПУ, показал большой объем задач, который приходится решать компаниям на текущем этапе. Применение системного подхода и мер господдержки позволили бы действовать более эффективно.



Валентин Григорьев,
главный конструктор
СЧПУ ООО «ЭНСИ», к.т.н.

Для того чтобы создать систему ЧПУ, конкурентоспособную зарубежным аналогам, к которым привык наш потребитель, нужно иметь коллектив разработчиков порядка 150–200 человек, как в ведущих компаниях. Такая цифра действительно оправдана, поскольку требуются и конструкторы, и технологи, и разработчики систем, двигателей, приводов и др.

Ни один частный предприниматель в России сейчас себе этого не может позволить. Я думаю, что один из возможных путей развития — это создание государственно-частного предприятия, где государство сначала будет играть ведущую и направляющую роль. Будет собрана статистика ранее выполняемых закупок, проведен анализ потребностей, составлено техническое задание на СЧПУ, на начальном этапе созданы несколько высокотехнологичных станков с СЧПУ, совершенствование которых будет осуществляться на основе обратной связи от потребителя. Это могут быть серии пятиосевых фрезерных станков; двухшпиндельных, пятиосевых или шестиосевых токарных обрабатывающих центров; многоосевых шлифовальных станков. На их примере можно будет доказать состоятельность системы СЧПУ и начинать ее широко применять.

На текущий момент все происходит иначе, приведу пример. Мы разработали, по нашему мнению, наиболее развитую систему пятиосевой обработки в России — «Ресурс-32Ф5» — и хотели бы ее применить, но не можем. Когда разговариваешь со станкостроителями, они спрашивают, где уже используется. А раз еще не применили, то говорят, что пока подождут.

Нам видится, что для особо важных задач нужны пилотные проекты по оснащению станков, и эту работу должно финансировать правительство, заинтересованное в развитии отечественного станкостроения. То есть выделить нам деньги, чтобы мы могли купить станок и контрольно-измерительную аппаратуру, поставить на станок систему, провести отладку, испытания, доказать заинтересованным сторонам высокие характеристики, а потом на этой платформе начинать дальнейшее продвижение. У нас таких средств нет. Заводам проводить такую работу неинтересно или неподъемно. Им нужно выполнить программу года по выпуску станков, поэтому они закупают китайские СЧПУ, которые на деле не соответствуют высокотехнологичной пятиосевой западной технологии, такой, как у Siemens.

В западных ведущих компаниях так и происходит. Программист не просто сидит и программирует. Рядом с ним находится система ЧПУ и станок, на котором ведется апробация тех или иных алгоритмов, проводится исследование технологии, контролируется качество поверхности. У нас нет такой возможности, поскольку нет экспериментальной базы, где все это можно было бы сделать.

Надо сказать, что задача разработки и отладки СЧПУ очень наукоемкая. Здесь используется самая передовая процессорная техника. ПО разрабатывается на основе операционных систем жесткого реального времени, которые должны обеспечивать выполнение большого количества операций за малый промежуток времени. Прикладное ПО многофункционально, потому что должно реализовывать технологические функции. На токарных станках — одна технология, на фрезерных — другая, на шлифовальных — третья, каждый раз новый пакет. Должна быть связь с исполнительными устройствами. А это все в последнее время существенно усложнилось в связи с появлением цифровых интерфейсов связи между приводами, датчиками перемещения и СЧПУ. И все это по большому счету не является конечным продуктом, который можно изготовить и отдать. Ты зависишь от того, будет ли создан хороший станок.

Таким образом, разработка, создание и отладка СЧПУ — сложная комплексная задача. И успех или неуспех зависит от того, как выстроена цепочка поставки, как выстроена обратная связь между покупателями и производителем. И нам пока говорить о правильном, динамичном процессе разработки новой техники не приходится.



Евгений Красильникьян,
генеральный директор
ООО «ИНЭЛСИ»

Как разработчики и производители отечественных систем ЧПУ мы сталкиваемся на рынке со следующими моментами.

1. Проблема комплектацией электронными компонентами продолжает оставаться достаточно острой. Дополнительные сложности создает часто встречающееся несоответствие заявленных в документации параметров реальным, что связано с их производством по лицен

зии и отсутствием контроля со стороны компании-разработчика.

2. Большинство станкостроительных заводов сейчас работают практически «с колес». Как результат отсутствует возможность отлаживания проектов на площадке станкозавода. Очевидно, что проект для сложного оборудования должен быть обкатан, утвержден технологами и примерно только через три месяца начинает жить своей жизнью. Отладка на глазах заказчика станка воспринимается как приобретение экспериментального оборудования — это плохая практика.

3. На ряде заводов слабые конструкторские группы. Зачастую на заводах привыкли не проектировать станки, а получать машинокомплекты, собирать и отдавать. Везде по-разному, но сейчас нагрузка на конструкторские группы резко возросла, а людей не хватает.

4. На заводах по-прежнему ориентируются на привычный функционал Siemens и Fanuc, поэтому зачастую требуют соответствующей доработки возможностей СЧПУ, что требует времени и денег, поскольку связано с дополнительной работой (верификация, проверка на оборудовании, исправление ошибок и т.д.). Оплачивать эту работу заводы не готовы. И здесь могли бы помочь программы, позволяющие получить субсидии на расширение функционала выпускаемой продукции.

5. Объемы выпуска станков растут, и вопросы их комплектации надо решать системно. Возможен вариант, когда за ведущими отечественными производителями СЧПУ закрепляются 2–3 станкостроительных завода с общим гарантированным объемом потребления, например, 500 СЧПУ в год. Это позволит производителям СЧПУ выстраивать серийное производство, ориентируясь на гарантированные объемы. В качестве мер поддержки этим компаниям предоставляются дотации, преференции, гранты и т.д.

6. Действующее постановление правительства № 1206 субсидирует производителя с вытекающими процедурами оформления документации при том, что деньги уходят в итоге к покупателю. В текущих условиях требуются более динамичные механизмы оказания мер поддержки.



Александр Дудинский,
ведущий
инженер-разработчик
ООО «Модмаш-Софт»

На рынке ЧПУ люди пытаются заработать тремя путями:

1. Продавая устройства собственного изготовления и разработки (как мы).

2. Получая гранты на разработку устройств, которые никогда не окупятся (самый выгодный путь, но сколько можно на те же грабли?).

3. Импортируя устройства, которые еще можно импортировать.

Для создания УЧПУ требуется «железо» и софт. «Железо» — это промышленные

процессорные платы, мониторы, а также четыре вида специфических устройств: дискретные входы, дискретные выходы, работа с датчиками и выдача заданий на приводы. Не забываем про электродвигатели и системы управления ими. В России ничего из этого списка не выпускается по реальным ценам. Это работа для нескольких предприятий. Трудно представить, как в таких условиях можно конкурировать с Китаем в зоне серийных устройств.

Все серийные устройства работают примерно одинаково, покупатель выбирает по соображениям эстетики, привычки и каприза. Зато для сложных и уникальных проектов в России приглашают нас.

Что касается софта — нужны операционные системы обычные и реального времени, которые применимы и к другим задачам, не только к УЧПУ и автоматизации технологических процессов. Опять-таки нужны драйверы устройств, собственно программное обеспечение реального времени для УЧПУ, встраиваемые и отдельные программы подготовки обработки, визуализации и проверки. Это все задачи для разных коллективов, у которых потом сборщик УЧПУ мог бы брать готовые продукты. Экономика учит, что производительность труда обеспечивается его разделением, узкой специализацией.

Думаю, выход из этого тупика возможен силами многих мелких предприятий, которые уже имеют опыт и выпускают продукцию. Однако пока распределение госдотаций идет точно на 2–3 предприятия.

Кроме того, основной фактор, сдерживающий развитие, — это недостаток квалифицированного персонала. Думаю, это везде. Современная экономика так устроена, что в материальном производстве меньше денег, чем в нематериальном.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ДЕЙСТВИИ

Внедрение цифровых технологий в промышленность дает предприятиям целый ряд преимуществ, включая повышение эффективности, гибкости, безопасности, сокращение влияния человеческого фактора.



Сергей Чуранов,
технический директор
направления МДС
ГК «Цифра»

Сегодня автоматизация предприятий идет в ногу с цифровой трансформацией.

Мы уже более десяти лет устанавливаем на промышленных предприятиях систему мониторинга оборудования АИС «Диспетчер». И если вначале нам приходилось объяснять необходимость и полезность системы мониторинга на предприятии, то сегодня об этом речь не идет. Стоят вопросы, как наиболее эффективно использовать полученные данные. Можно ли для этого

применить искусственный интеллект (ИИ), например, для предиктивного обслуживания оборудования.

Но все не так просто. Однотипные поломки оборудования случаются зачастую раз в несколько лет. И выявить закономерности на 5–10 однотипных станках ИИ не может. А вот если взять информацию по холдингу предприятий с подключением ста и более станков, то здесь искусственному интеллекту есть где развернуться. Сегодня мы начинаем идти по этому пути.

Большие ожидания уже давно связываются с роботизацией производства. Здесь нужно сразу развеять розовый дым романтизма и иллюзий о безлюдном производстве. Пока на производстве не требуются высокоинтеллектуальные роботы. Требуются манипуляторы, способные заменить человека на однотипных и монотонных работах. Такие роботы-манипуляторы использовались еще в советское время. Сегодня, когда мы начинаем говорить о дефиците рабочей силы, это становится особенно актуально. Такие манипуляторы уже существуют и имеют относительно невысокую стоимость.

Почему же тогда роботы не внедряются? Да просто производство не вполне к этому готово. Вначале на производстве должны быть переработаны технологические и производственные процессы, а потом и роботы найдут там свое место. Причем сделать эти изменения не так уж сложно. Этому может успешно помогать установленная в цеху система мониторинга оперативных производственных данных. После сбора, обработки и анализа информации создаются достаточные условия для взвешенных управленческих решений, включая цифровую трансформацию производственных процессов, так что после этого и роботы в цеху будут «ко двору», будут использоваться эффективно.

Что касается технологических проблем, вызванных сменой компонентной базы, влияние санкций на поставки комплектующих коснулось всех разработчиков и изготовителей электронных устройств. Одни комплектующие исчезли с рынка, на другие в разы увеличились цены. Это был вызов. Но менее чем за год наши специалисты полностью справились с обусловленными этими изменениями технологическими проблемами. Это стало возможным за счет высокой квалификации наших инженеров и начавше-

гося загодя перехода к импортозамещению. Например, уже несколько лет назад мы перешли на российское ПО для разводки печатных плат Delta Design. Предусмотрительно провели испытания доступных российских и китайских контроллеров. В частности, для некоторых устройств перешли на китайский аналог микроконтроллера AT32F403A.

Оглядываясь назад, видишь, что на нашем предприятии плодотворно прошла смена поколений. Сегодня КБ по разработке аппаратных устройств — полностью молодежный коллектив. Но эти молодые инженеры 3–5 лет бок о бок проработали с опытными специалистами, имеющими опыт работы еще советских КБ.

Таким образом, наши электронные устройства не только не ухудшили свое качество, но получили новые функциональные возможности.



Александр Кузнецов,
генеральный директор
ООО «Цифровой двойник»

Сегодня в свете роботизации как тренда развития построение цифровых копий объектов инфраструктуры и промышленности является обязательной частью, более того, создание цифрового двойника предприятия — один из первых этапов на пути к роботизации.

Разработанная нами технология позволяет преобразовывать облака точек, полученных с помощью лазерного сканирования, и обеспечивает высокоточное и высокодетализированное представление объектов, необходимое для принятия важных решений. При этом технология существенно сокращает время, необходимое для сбора информации, и снижает связанные с этим расходы. Имея цифровую модель предприятия, можно проводить более глубокий анализ состояния объектов, например, на соответствие стандартам, оптимизировать расположение оборудования для максимальной эффективности, выявлять потенциальные проблемы и разрабатывать эффективные планы обслуживания, управления и развития. Ну и конечно, наличие цифровой модели упрощает коммуникацию между руководством предприятий, инженерами, архитекторами, инвесторами и государственными органами.

Сканировать и преобразовывать в точные и высокодетализированные 3D-модели можно даже самые сложные детали и объекты, воссоздавая целые архитектурные сооружения, включая здания, мосты и инфраструктуру городов.

Цифровые двойники уже используются на ООО ПК «Новочеркасский электровозостроительный завод», ОАО «Тверской вагоностроительный завод» и других машиностроительных предприятиях России. Мы наблюдаем одинаковый рост спроса как со стороны крупных машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий, так и со стороны среднего бизнеса.

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ ОТ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАЗРАБОТЧИКА

Корпорация «Пумори» — одна из лучших инжиниринговых компаний России в сфере металлообработки — всегда уделяла большое внимание вопросам автоматизации. Лидером в этом направлении является предприятие «Пумори-северо-запад», которое вот уже больше пятнадцати лет поставляет решения по автоматизации и роботизации производств от ведущих мировых производителей.

Большой опыт внедрения инжиниринговых проектов позволил специалистам компании «Пумори-северо-запад» реализовать собственный продукт PUMORI ROBOTICS (рис. 1) для автоматизации механообрабатывающих и слесарных операций на промышленных предприятиях.

PUMORI ROBOTICS — это простая в установке система автоматизации для небольших и среднесерийных производств. Ее преимущества: возможность интеграции с любым станком с ЧПУ; переналадка за минимальное время; простая в настройке и работе система управления; мобильность роботизированного модуля.

Инженерно-технический центр компании также занимается разработкой программного обеспечения для реализуемых инжиниринговых проектов по автоматизации и роботизации производств. Здесь проектируются пользовательские интерфейсы НМИ/ЧМИ (человеко-машинный интерфейс), являющиеся идеальным средством управления как машинным модулем, так и производственной линией. Разрабатываемое ПО просто в использовании, наглядно и может быть подключено к имеющейся системе планирования ресурсов предприятия. ЧМИ помогает увеличить производительность и сэкономить время.

Особенно популярна автоматизация при производстве ответственных деталей. Приведем примеры.

1. Автоматизированный участок с двумя фрезерными обрабатывающими центрами на предприятии двигателестроения (рис. 2).

Заказчиком была поставлена задача обеспечить работу участка в три смены по 8 часов в автономном режиме. Специалисты «Пумори-северо-запад» разработали гибкую производственную систему, в которой функцию крана-штабелера выполняет робот. Система состоит из двух пятиосевых фрезерных станков со сменщиками паллет, промышленного робота, палетного склада на 40 мест и станции КИМ. Робот перемещается по направляющей, расположенной на полу. Комплекс оснащен системой контроля периметра рабочей зоны. Внедрение комплекса



Рис. 1. Система PUMORI ROBOTICS

позволило повысить качество выпускаемой продукции, систему обслуживает один оператор в смену, третья смена работает в режиме безлюдного производства.

2. Роботизированный комплекс адаптивной шлифовки и полировки лопаток со встроенной оптической системой измерения лопаток (рис. 3).

Перед специалистами «Пумори-северо-запад» была поставлена задача реализовать процесс обработки лопаток полностью в автоматическом режиме без участия человека, включая процесс измерений и формирования протоколов измерений. Решением стал робототехнический комплекс (РТК): промышленный робот перемещает заготовку между зоной загрузки, шлифовальными шпинделями, системой напыления, системой измерения и выгружает ее в зоне готовых деталей. Робот также производит автоматическую смену шлифовальных лент и осевого инструмента. РТК оснащен датчиками, отслеживающими правильную работу оборудования на всех этапах. Все оборудование включено в единую логическую сеть комплекса и управляется контроллером. РТК имеет ограждение и исключает травмирование персонала при работе.

Преимущества использования РТК: снижение брака, сокращение издержек производства, ошибок от человеческого фактора, повышение качества продукции.

Корпорация «Пумори»: г. Екатеринбург, тел.: +7 (343) 287-01-10, www.pumori.ru

ООО «Пумори-северо-запад»: г. Санкт-Петербург, тел.: +7 (812) 670-70-26, www.pumorinw.ru

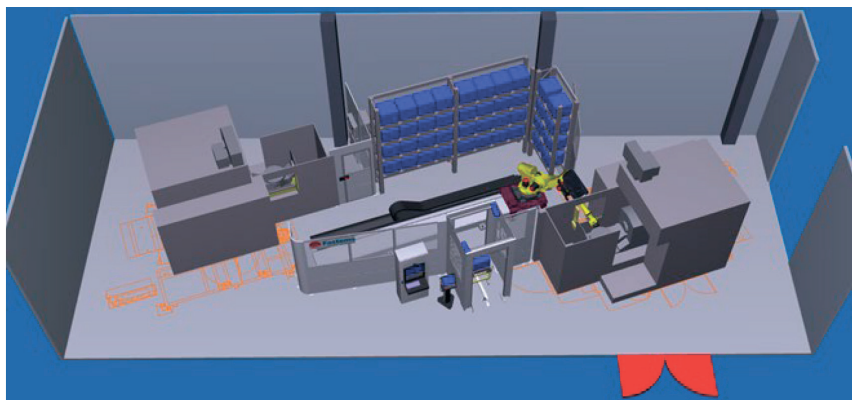


Рис. 2. Автоматизированный участок с фрезерными обрабатывающими центрами

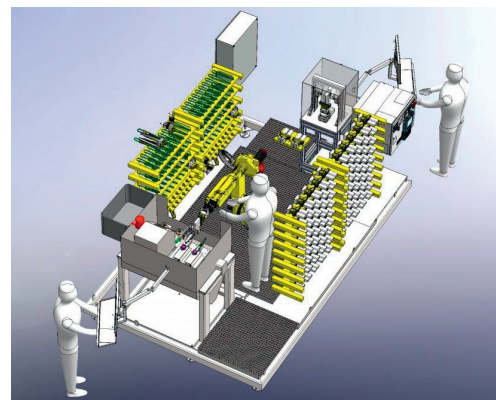


Рис. 3. Комплекс адаптивной шлифовки и полировки лопаток

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ПОЗАКАЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В статье проведен обзор IT-технологий управления процессами и ресурсами машиностроительных предприятий в задачах планирования и диспетчирования материальных потоков и производственной логистики при исполнении заказов. Актуальным является сквозное управление бизнес-процессами на этапах жизненного цикла изделий за счет применения сетевых архитектур и мультиагентных технологий цифрового управления высокотехнологичным предприятием.



В.М. Макаров, д.т.н.,
ведущий научный
сотрудник
НТЦ «Машиностроение»
ООО «ТопС Бизнес
Интегратор» (TopS BI) —
входит в НКК
www.ncc.ru/it-solutions



С.В. Лукина, д.т.н.,
профессор МГТУ
«Станкин»,
эксперт РАН и РИНКЦЭ
Lukina_sv@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ВЫПУСКА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Современная экономика характеризуется кастомизированностью — индивидуализацией разработки и выпуска продукции под заказы конкретных потребителей малыми объемами. Как следствие организуются дискретные многономенклатурные (позаказные) производства малой серийности, где требуется высокая гибкость управления и краткосрочное планирование. Дискретные производства характеризуются прерывностью производственных процессов и множественностью предметов и средств производства в материальном потоке ресурсов, обеспечивающих исполнение производственных заказов. Дискретность усложняет движение материального потока и приводит к снижению производительности производственной системы: такое производство требует грамотного планирования, контроля и управления, что возможно лишь с помощью современных цифровых инструментов.

Актуальной задачей позаказного производства является внедрение цифровых технологий планирования и управления ресурсами и активами, включая автоматизированные средства технологического оснащения, объединенных в киберфизические системы, что обеспечивает наиболее эффективное использование ресурсов и сокращение цикла выпуска продукции (рис. 1).

В условиях кастомизации и цифровизации к автоматизированному производству предъявляются противоречи-

вые требования. С одной стороны, важны низкие затраты и высокая гибкость производства, а с другой стороны — необходимо сокращать цикл создания серийных изделий, обеспечивая их высокое качество. Разрешение обозначенных целевых противоречий возможно на современной платформе управления предприятием, включающей цифровой комплекс инструментов для решения задач управления, включая планирование, контроллинг и учет.

ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ

Задача планирования многопланова, но наиболее актуальными являются вопросы выполнения оперативного плана производства по срокам выпуска заданной серии изделий, анализ встраивания конкретного заказа в общий материальный поток производства, оценка достаточности ресурсов для выполнения заданного портфеля заказов и синхронизация поставок с помощью различных методов.

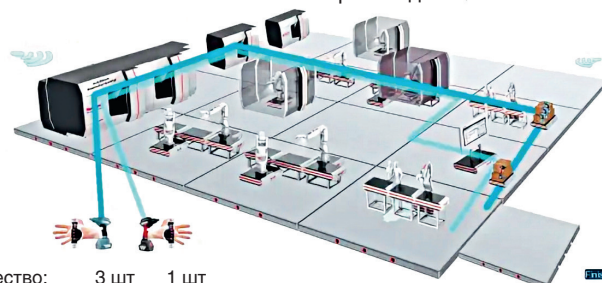
Традиционное планирование предполагает, что все сведения о предприятии и данные о его инфраструктуре, ресурсах и процессах централизованы, а расчеты планов выполняются на основе заранее заданных заказов с учетом единых целевых требований предприятия в целом. Оперативно-производственное планирование уточняет задания текущего плана по отдельным производственным подразделениям: цех — участок — бригада — рабочее место. Для прогнозирования результатов управления предприятием используют разные подходы и аналитические инструменты, например, диаграммы Ганта, сетевое планирование, позволяющие корректировать оперативно-производственный план для его синхронизации с планами сборки финальных изделий [1, 4, 5] (рис. 2).

Существующие модели планирования и управления производственными системами в той или иной форме

Позаказное

Кастомизированное
производство

1. Входящий заказ
2. Формирование оборудования
3. Поток материалов и производств



Количество: 3 шт 1 шт
Срок поставки: 2 дня 2 дня

Рис. 1. Схема позаказного многономенклатурного производства

Управление предприятием

Кибернетический
подход

Сетецентрический
подход

Достоинства: простота построения, относительная дешевизна, жесткая иерархия в принятии решений в условиях определенности и т.п.
Недостатки: субъективность, низкая адаптивность к изменяющимся условиям, низкая живучесть при выводе из строя звена управления, низкая оперативность реагирования в условиях неопределенности и т.п.

Достоинства: открытость, самоорганизация, слабая иерархия в контуре принятия решений, способность порождать цели внутри себя и т.п.
Недостатки: чрезмерная опора на высокие технологии, трудности обеспечения безопасности информации в сети, низкая теоретическая проработка, чрезмерная зависимость от информации, увеличивающаяся сложность производственных систем, высокая стоимость и т.п.

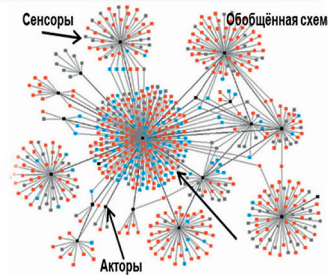
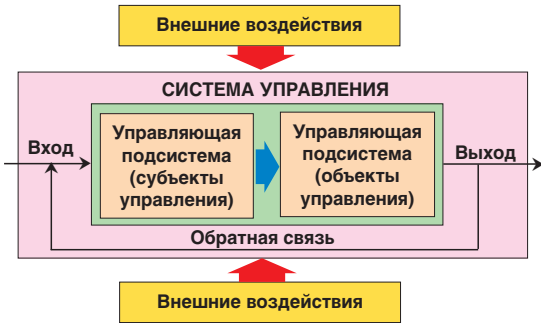


Рис. 2. Классический и перспективный методы управления высокоорганизованными комплексами

синтезированы и кодифицированы в современных IT-инструментах, которые определяют типовую структуру связей и алгоритмы взаимодействия данных для решения специализированных прикладных задач. Именно IT-наработки синтезируют накопленные знания в определенной прикладной сфере для последующего их тиражирования в промышленной практике через многофункциональные программные продукты (ПО). При этом обозначенные задачи планирования и управления в IT-постановке должны рассматриваться более широко как цифровые технологии управления сквозными процессами жизненного цикла изделий (ЖЦ) на основе программных разработок в области управления современным предприятием.

Быстроизменяющиеся реалии и требования промышленного рынка высокотехнологичной продукции диктуют

необходимость использования новых технологий и инструментов управления проектами и производственными системами. Цифровизация ускорила поиск более совершенных средств управления для прогнозирования результативности наукоемкой промышленной деятельности на основе интеллектуальных технологий [1, 5, 7].

Практическая реализация моделирования многомерной и разнородной деятельности машиностроительного предприятия является сверхсложной и различается в конкретных IT-инструментах для адекватного решения задач управления (таблица 1). При этом до настоящего времени проблема формирования единой методологии сквозного управления процессами ЖЦ не решена. В условиях импортозамещения данный аспект усугубился малочисленностью апробированных отечественных IT-разработок.

Известным платформенным решением, поддерживающим управление процессами жизненного цикла сложных объектов «Росатома», является программный комплекс на основе концепции Multi-D, реализующей многоуровневую модель Ганта. В рамках цифрового предприятия ГК «Росатом» менеджмент процессов реализуется через MES-модуль управления производством в ПО «САРУС. PLM» [1]. Российская PLM-система АСКОН на платформе модуля «ЛОЦМАН: PLM» (ПО «Гольфстрим»), разработки «TechnologiCS» от ЗАО «СиСофт Девелопмент» и «СПРУТ-ОКП» от ЗАО «СПРУТ-Технология» обеспечивают управление в формате диаграммы Ганта с ручными процессами управления по классической схеме укрупненного планирования APS и цехового управления типа MES. Следует отметить, что APS/ MES фрагментарны по отношению

Таблица 1. Обзор российских IT-решений в задачах планирования и управления

№ п/п	Функционал → IT-разработчики ПО / продукты ↓	Целевые задачи ПО, выполняемые в рамках сквозного управления процессами ЖЦ изделий (PDM/PLM/MRP/APS/MES)				Целевые задачи ПО, выполняемые локализованно	
		Планирование	Управление	Изменения/ адаптация	Интеллектуальность	Планирование	Управление
1	РФЯЦ-ВНИИЭФ/ Сарус-PLM	САРУС	MULTI-D	ПРИЗМА	АТОМ МАЙНД	-	-
2	Аскон / ЛОЦМАН:PLM	Гольфстрим	Лоцман:PLM	-	-	-	-
3	ЗАО «СПРУТ-Технология» / СПРУТ-ОКП	-	-	-	-	СПРУТ-ОКП	+
4	ЗАО «СиСофт Девелопмент»/ TechnologiCS	-	-	-	-	TechnologiCS	+
5	НKK / ЦП СПЖЦ	-	+	+	-	Ma-3	+
6	БФГ Групп / BFG	-	-	-	-	BFG MRP/ Simulation	BFG IMES
7	НАО «Генезис знаний» / ООО НПК «Мультиагентные технологии»	Smart Projects, Smart Factory	Smart Supply Networks	Smart Trucks	Smart Enterprise	-	-
8	ЗАО «Топ системы» / FLEX PLM	T-FLEX ОКП-(MES)	T-FLEX PM (Project Management)	+	-	-	-

к жизненному циклу, реализованы на базе различных платформ и программных решений, имеют дискретные циклы планирования и требуют ручной корректировки планов или производственных моделей планирования.

Одной из актуальных задач высокотехнологичного машиностроения является управление процессами жизненного цикла создаваемых изделий, которое реализуется цифровыми PDM/PLM-инструментами информационной поддержки сквозных бизнес-процессов [2]. Обычной практикой стали имитационные методы планирования и контроллинга сложных процессов на основе компьютерно-графических инструментов симуляции и картирования.

Сетевые методы планирования и организационного управления наукоемки и требуют развитой аналитики [3, 4]. Наряду с традиционными решениями в России развиваются мультиагентные системы на основе распределенного управления [5, 6, 7]. Актуальность данного подхода заключается в сквозном управлении ресурсами машиностроительных предприятий на всех этапах ЖЦ изделий за счет применения мультиагентных технологий управления и сетевых принципов организации производства (рис. 3).

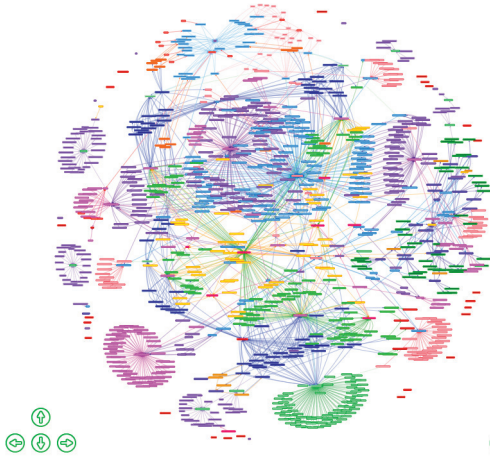


Рис. 3. Сетевая структура производственной системы высокотехнологичного предприятия [6, 7]

Для эффективного управления промышленным предприятием нужно с помощью цифровых технологий описать его организационно-функциональную структуру как базу знаний, включающую релевантный перечень взаимодействующих объектов и ресурсов производства, формирующей основной поток создания ценности. База знаний состоит из информационных онтологических моделей процессов и ресурсов, способных самостоятельно взаимодействовать с мультиагентными планировщиками для согласования циклов локальных процессов в контексте циклограмм общей сборки финальных изделий. При этом ставится задача перехода к производственной архитектуре нового типа, где все объекты управления реального мира имеют цифровых двойников (агентов), объединенных в единую виртуальную семантическую сеть через их свойства (атрибуты), что позволяет получать результаты кооперационного и коммуникационного взаимодействия участников бизнес-деятельности.

Суть мультиагентных технологий заключается в принципиально новом методе решения сложных задач управления, которые не решаются или трудно решаются классическими математическими методами. Мультиагентные технологии — это цифровой способ решения сложных задач, использующий принципы самоорганизации и эволюции

на стыке методов искусственного интеллекта, объектно ориентированного программирования и телекоммуникаций. Мультиагентные системы объединяют три технологии: распределенный искусственный интеллект (distributed AI), распределенные решатели задач (distributed problem solving) и параллельные вычисления для формирования базы знаний предприятия как основы искусственного интеллекта [5, 6].

СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

В сетевом подходе сложная мультиагентная система управления, призванная решать задачи распределения, планирования, оптимизации и контроля ресурсов в реальном времени, синтезируется как самоорганизующаяся сеть агентов-планировщиков с p2p-взаимодействием (от англ. Peer-To-Peer), работающих по принципу «каждый с каждым» и «равный с равным» с использованием сервисной архитектуры и общей шины данных для согласования решений (шина — это информационная магистраль, через которую системы обмениваются информацией, включая данные для выработки решений, вариантами решений, встречными предложениями, запросами и подтверждениями и т.п.).

Практический синтез мультиагентных систем нацелен на решение задач планирования и управления с помощью искусственного интеллекта в автоматизированных системах поддержки принятия решений и использования сетевых моделей структур управления. Сетевый подход означает, что изменения в планах, произошедшие в одной из систем, могут влиять на планы в любой другой системе через цепочку согласованных между системами изменений, гарантируя корректность в принятии решений и самосинхронизацию взаимозависимых процессов во времени. При этом взаимодействие системы и ее подсистем в ходе генерации вариантов строится через сетевую платформу и общую шину данных и предполагает согласования решений по специальным протоколам, обеспечивающим поддержку вертикальных и горизонтальных переговоров агентов-планировщиков всех уровней. На практике это означает, что внезапное возникновение любого события в одном из агентов-планировщиков предприятия будет по возможности сразу же обработано и учтено в планах этого планировщика. Если компромисс не получается и решение задевает планы других планировщиков, то начнется процесс их взаимодействия и, возможно, волна переговоров для разрешения возникшего конфликта, что в случае разрешения и урегулирования этого конфликта позволяет такой сети агентов-планировщиков непрерывно поддерживать актуальность взаимосвязанных планов даже при любых турбулентных изменениях в окружающей среде. Итоговое решение в сетевом подходе получается путем согласования индивидуальных решений локальных подсистем (агентов), каждая из которых работает на свою цель и выполняет свои частные задачи, обеспечивая синхронизацию циклограмм сборки изделий с планами цехов и сроками поставок ресурсов.

В рамках мультиагентной методологии сформированы концептуальные требования к системе управления ЖЦ изделий и архитектура экосистемы, обеспечивающая реализацию общей методологии управления процессами и ресурсами промышленных предприятий [7]. Сетевый инструмент на основе мультиагентности позволяет

эффективно преодолевать все возрастающую многомерную и мультидисциплинарную сложность производственных систем при противоречивых многокритериальных целевых требованиях к деятельности предприятия и является перспективным направлением в задачах планирования и управления в машиностроении.

Для управления и планирования дискретным высокотехнологичным производством выделяют три уровня организации информации: базы целей, базы данных и базы знаний. Базы данных включают однородную информацию в отдельных массивах на электронных носителях с организацией системы запросов для обеспечения связи между разными видами информации. База знаний представляет собой математическую модель исследуемой системы, в которой сетевые модели представляют процессы и структуру, что позволяет создать всю совокупность необходимых и достаточных показателей (измеримых величин) для описания состояний производственной системы.

Одним из важнейших принципов создания таких моделей является полнота описания управляемой системы; описание не только процессов, происходящих в разных частях, элементах системы, но также структуры связей элементов и их целеориентация. От изменения структуры системы и частных целей элементов существенным образом зависит поведение всей системы, а также само ее существование как единого целого.

Обычно в таких системах используются программные агенты, которые могут обмениваться полученными знаниями, используя специальный язык и подчиняясь установленным правилам «общения» (протоколам) в IT-системе (рис. 4). Мультиагентные системы (МАС) имеют компьютерные реализации, основанные на пошаговом имитационном моделировании, где агенты имеют несколько важных характеристик:

- автономность (агенты предполагаются независимыми);
- ограниченность представления: ни у одного из агентов нет представления о всей системе, или система слишком сложна, чтобы знание о ней имело практическое применение для агента;
- децентрализация: нет агентов, управляющих всей системой.

Компоненты МАС взаимодействуют через весовую матрицу запросов и матрицу ответов между агентами согласно модели «Запрос → ответ → соглашение». Алгоритм межагентных коммуникаций реализуется в несколько последовательных шагов:

а) сначала всем агентам задается вопрос: «Кто может мне помочь?»

б) на что только «способные» агенты отвечают: «Я смогу за такую-то цену»

в) в конечном итоге переговорных итераций устанавливается «соглашение», в лучшей степени удовлетворяющее обоим целевым результатам.

Инновационный эффект мультиагентного подхода заключается в решении многомерной сложности описываемых объектов/процессов, позволяющих получать рациональные решения по целевому управлению ими в условиях быстроизменяющегося контекста и противоречивого комплекса целевых требований к результатам бизнес-деятельности.

Проявляемые преимущества мультиагентного подхода:

- формируется общий план по заводу в целом для согласования с цехами;
- отслеживаются узкие места по ресурсам в реальном времени;
- ведется динамическое планирование новых заказов по событиям с учетом пропускной способности цехов и трудоемкости заказа (на верхнем уровне, по нормочасам);
- формируются установочные даты для начала и завершения работ по цехам;
- согласовываются (путем компромиссного взаимодействия) даты с оперативными планировщиками цехов;
- пересчитываются показатели плана и производства в реальном времени;
- оцениваются сроки исполнения нового заказа в поле всех заказов и его влияние на сроки сдачи других изделий за счет изменения приоритетов планирования (рис. 5).

Однако в таком подходе существуют некоторые ограничения, связанные со спецификой машиностроения как дискретного и технологически обусловленного производства. Здесь логичен вопрос: насколько применима подобная универсализация агентно-событийного подхода к дискретному машиностроению с позиций адекватности моделирования? С одной стороны, множество бизнес-процессов жизненного цикла изделий может описываться агентами как самостоятельными акторами бизнес-деятельности, имеющими равнозначное влияние на конечный результат, так как отсутствие даже малого процесса в связанной бизнес-цепочке создания ценности нивелирует/обесценивает общий результат. С другой стороны, агентная автономность вряд ли возможна в технологических процессах (ТП), характеризующихся:

- жестким резервированием сформированного комплекта технических средств оснащения и предметов производства под каждую операцию или деталесборочную единицу (ДСЕ), например, спецоснастка для закрепления заготовки, инструментальный комплект для станка с ЧПУ

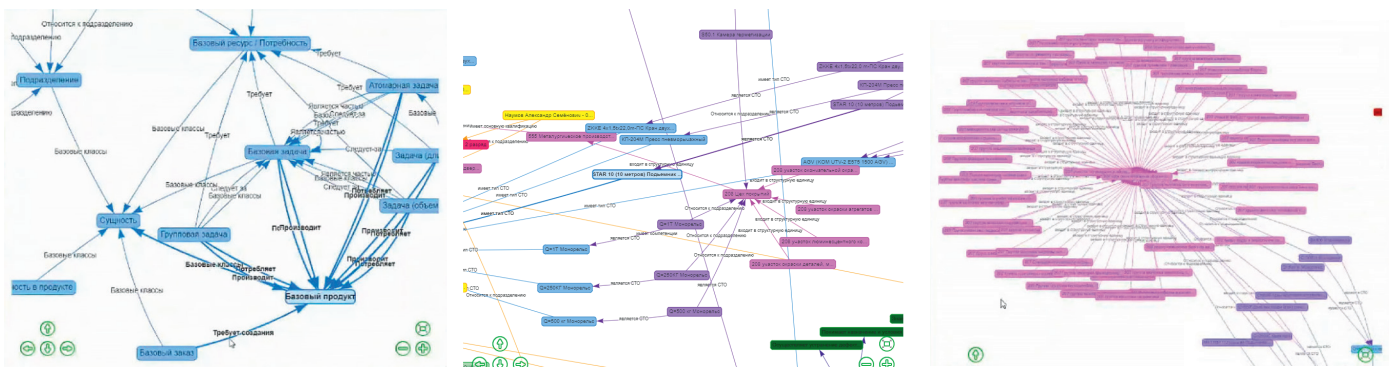


Рис. 4. Мультиагентная сеть производственных модулей предприятия (на примере агентов «технологическая оснастка» и «цех агрегатной сборки») [6, 7]

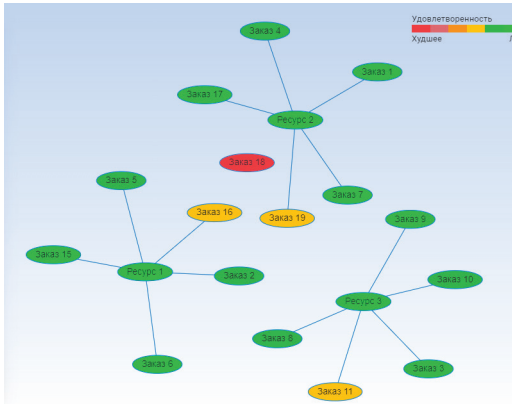


Рис. 5. Мультиагентная система планирования и контроллинга ресурсов по портфелю заказов

«под операцию», закупленные заготовки для конкретных ДСЕ и т.п.;

- строго заданной технологической маршрутизацией и, как правило, безальтернативной расчеховкой материального потока по территориально закрепленным рабочим местам;

- квалификационной привязкой рабочего персонала к конкретному оборудованию и рабочим местам, ограничивающей возможности свободного выбора кадров и их трудовой применимости и взаимозаменяемости и т.п.

При этом цена риска несоответствий качества/брака промежуточных состояний предметов производства не равнозначна по фазам ТП и всегда растет от начальной фазы к завершающей, что требует корректировки и уточнения в практике сетецентрического подхода для категории «технологически обусловленных» агентов. Такие агенты не являются автономными, не равнозначны и вряд ли могут рассматриваться как участники обмена мнениями и мнениями по вариациям выбора в своей применимости из-за жесткой связи с другими агентами и в связи с отсутствием у них технологического «суверенитета». В машиностроении количество таких технологически «несуверенных» агентов весьма велико, чтобы имитационно получать релевантное целевое решение с учетом их «зависимости». Исключение этих агентов из сетецентрической структуры может разрушить целостную адекватность мультиагентной модели производственной системы машиностроительного предприятия. Отмеченные противоречия разрешаются последовательной нисходящей иерархичностью моделирования и локализацией мультиагентности в конкретных бизнес-процессах (подсистемах) и встречной гармонизацией результирующих данных по уровням принятия решений.

Отметим сложность практического внедрения столь наукоемкой технологии в машиностроении, поскольку понадобится серьезная трансформация производственно-технологических коммуникаций, разработка новых инструментов и регламентов организационного управления подготовкой производства и высокая культура работы с информацией на рабочих местах, что возможно лишь под руководством разработчика на высокотехнологичных оборонных предприятиях [7].

Перспективным результатом разработок в области мультиагентных технологий и сетецентрического управления станет создание интеллектуальной системы управления жизненным циклом изделий нового поколения, обеспечивающей существенный рост эффективности работы предприятий с дискретной организацией производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Актуальные задачи планирования и управления в IT-постановке должны рассматриваться как цифровые технологии управления сквозными процессами жизненного цикла изделий на основе программных разработок в области управления современным предприятием. Задача текущего планирования и оперативного управления производственной системой является сложной и наукоемкой, требующей разработки новой методологии синтеза адекватной цифровой модели предприятия и применения инновационных технологий управления.

2. Существующие отечественные IT-решения в области традиционного планирования процессами и ресурсами предприятия (ПО класса «APS/MES») имеют ограниченный потенциал адекватности в дискретном машиностроении, что вынуждает применять цифровые методы управления многомерной сложностью машиностроения на основе принципов сетецентричности и мультиагентности.

3. Инновационность мультиагентного подхода проявляется при моделировании сложных объектов и процессов, позволяющих получать рациональные решения по управлению ими в условиях быстроизменяющихся ситуаций при комплексных требованиях к результатам бизнес-деятельности.

4. Практический синтез мультиагентных систем нацелен на решение сложных задач планирования и управления с помощью искусственного интеллекта в автоматизированных системах поддержки принятия решений и использования сетецентрических структур при моделировании цифровых двойников производственных систем. Это позволит обеспечить конкурентные преимущества предприятиям, использующим наукоемкие подходы управления на основе цифровых технологий, интеллектуальности, управления знаниями и know-how.

Литература

1. Офицорова Т.Н., Борисова Е.И., Занькова О.Н. Создание импортонезависимой системы управления производственными процессами в составе системы полного жизненного цикла «Цифровое предприятие». ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» // Information and mathematical technologies in science and management. 2018. № 1. С.129–134. <https://digitalrosatom.ru/marketplace/sarus>
2. Цифровизация промышленного производства должна строиться на основе PDM/PLM-инструментариев/ Макаров В. М., Кармишин А. А. <https://ict-online.ru/interview/i214463/> <https://spbit.ru/interview/i214463/>
3. Лукина С.В. Методика оптимизации производственной деятельности промышленного предприятия на основе комплекса прогностических моделей формирования и выбора проектных инновационных решений в области высокотехнологичных производств. Вестник МГТУ «Станкин». 2015. № 1, С. 125–129.
4. Лукина С.В., Гирко В.В. Методика формирования и выбора управленческих решений по совокупности частных критериев оценки эффективности производственной деятельности промышленного предприятия. Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 320–327.
5. Ржевский Г. А., Скобелев П.О. Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания интеллектуальных систем управления предприятием. Самара: Офорт. 2015. 290 с.
6. Сетецентрическая платформа распределенных интеллектуальных автономных систем / Скобелев П.О., Ларюхин В.Б. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021667107 от 25.10.2021.
7. Генезис знаний — ПО «Smart Project» <http://www.kg.ru/solutions/smart-factory/>

**ЛИДЕР-
ФОРУМ**

**АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ -
НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ**

**КАЗАНЬ
20-21 НОЯБРЯ
LEADERFORUM.COM**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА. УНИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Одними из самых унифицированных строительных изделий на сегодняшний день являются металлические конструкции, производство которых напрямую зависит от способа изготовления. Каждый способ содержит в себе огромное количество нюансов и особенностей, от которых, в свою очередь, зависит качество и применимость готовой продукции. О том, как не заблудиться в «дремучем лесу» всевозможных режимов обработки, а также использовать технологию как инструмент обеспечения качества изготовления металлических конструкций, мы поговорим в этой статье.



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

Согласно идеальной модели и распространенному мнению специалистов, реакция металла на технологическое воздействие является равномерной и предсказуемой. Однако на практике дело обстоит несколько иначе вне зависимости от модели производства и типа выпускаемой продукции.

Для удобства понимания различий в технологиях и режимах обработки необходимо разделить все изделия по масштабу и металлоемкости. Чем толще металл — тем проще должна использоваться технология — с минималь-

ным количеством настроек и различных зависимостей. Этот прием позволит определить непроизводительные и малоэффективные способы обработки, которые очень часто навязываются менеджерами по продажам, потенциальным потребителям, неосведомленным о реальных характеристиках того или иного оборудования.

Тяжелые металлические конструкции — это детали судостроения, ветряных мельниц, каркасов высотных зданий, мосты и т.д. К металлоконструкциям средней тяжести можно отнести: промышленные здания, ангары, вспомогательные конструкции (подмости, площадки) и т.д. Все остальные изделия из металла, такие как вентиляционные короба, малые архитектурные формы для благоустройства и прочие относятся к легким конструкциям. Категории определяются не сколько металлоемкостью, сколько толщиной металлопроката, чаще всего применяемого при их изготовлении.

В зависимости от толщины используемых материалов и требований по качеству необходимо выбирать соответствующую технологию изготовления, наилучшим образом удовлетворяющую предъявляемым требованиям.

Термическая резка — это процесс локального сжигания металла в зоне реза и непрерывного движения источника температуры по периметру детали, без расплавления

Таблица 1. Температура горения газокислородных смесей

Газокислородная резка						
Горючий газ		t газа, °C	Сталь			
Режущий	Защитный		Низкоуглеродистая		Нержавеющая	
			t гор, °C	t плав, °C	t гор, °C	t плав, °C
Ацетилен (C ₂ H ₂)	Кислород (O ₂)	3150	1300	1500	X	1800
Пропан (C ₃ H ₈)	Кислород (O ₂)	2830				

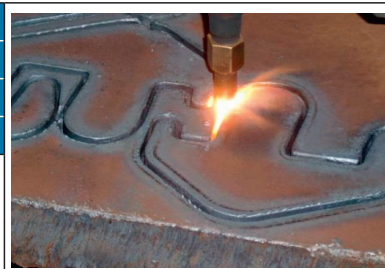


Таблица 2. Состав рабочих газов для плазменной резки и предпочтительные материалы

Плазменная							
№	Горючий газ		t дуги, °C	Сталь			
	Режущий	Защитный		Низкоуглеродистая		Нержавеющая	
				t гор, °C	t плав, °C	t гор, °C	t плав, °C
1	Воздух (Air)	Воздух (Air)	30 000	1300	1500	X	1800
	Кислород (O ₂)	Воздух (Air)					
2	Азот (N ₂)	Азот (N ₂)	30 000	X	X	X	1800
	F5 (H ₂ + N ₂)						
	H ₃₅ (H ₂ + Ar)						
	H ₃₅ + N ₂						

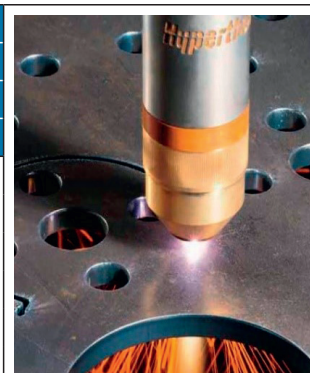


Таблица 3. Материалы, режимы и толщины при лазерной резке

Лазерная резка						
Тип лазера	Режимы	Газы	Материалы			
			Не металл	Ст3	Aisi	Al
Углекислотный (CO)	Термоскалывание	CO ₂	Стекло, пластик, резина и т.д.	Гравировка		
Волоконный ({A ₃ }[B ₂] (BII ₃)O ₁₂)	Плавление	N ₂	нет	б = 0,5–6, мм	б = 0,5–3, мм	б = 0,5–10 мм
	Испарение			б = 0,1–1 мм	б = 0,1–0,5 мм	б = 0,1–3 мм
	Горение	O ₂		б = 5–12, мм	Не рекомендуется	

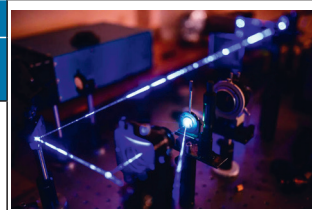


Таблица 4. Механическая обработка. Разделка профиля или детали. Предпочтения по отраслям

Наименование профиля	Цельный профиль			Детали		
	Сверление	Точение	Фрезерование	Сверление	Точение	Фрезерование
Листовой прокат	Судостроение			Вспомогательные металлоконструкции		
	Ветряные мельницы			Промышленные здания		
	Мосты			Ангары		
	Каркасы высотных зданий			Подмости, площадки, временные металлоконструкции		
Профильный прокат	Судостроение			Общестроительные конструкции: кронштейны, закладные детали, связи и т.п.		
	Ветряные мельницы			Легкие металлоконструкции		
	Мосты			Вспомогательные металлоконструкции		
				Промышленные здания		
	Каркасы высотных зданий			Ангары		
				Подмости, площадки, временные металлоконструкции		

кромки. Согласно приведенным в табл. 1–3 рекомендациям, выбор соответствующего технологического режима изготовления деталей позволит сохранить баланс оптимальной производительности и качества.

В рамках предложенной концепции технологического контроля качества, стоит немного поговорить о механической обработке (табл. 4).

В связи с широким диапазоном отклонений линейных размеров, вызванных термическим возмущением атомарной структуры от резки и сварки, сложно себе представить изготовление точных металлических конструкций без использования механического воздействия.

Основные типы обработки металла резанием, известные большинству со студенческой скамьи, сводятся к «сверлению», «фрезерованию» и «точению». При этом «точение» бывает, как наружным, так и внутренним, в зависимости от необходимой шероховатости поверхности и отклонений. Например, внутри отверстие может быть обработано двумя способами; это «сверление» и «внутреннее точение». Выбор способа устройства отверстий зависит от установленного оборудования (ЧПУ или универсального), требований проектной документации и допустимых отклонений (в т.ч. линейных, отклонений формы и шероховатости внутренней поверхности). Шероховатость внутренней поверхности обозначается на чертеже классами: «Ra» или «Rz». Характерным отличием сверления (Ra12.5) от внутреннего точения, является матовый цвет поверхности отверстия. Ярко выраженная «резьбовидность» и неоднородность расстояния между «нитками»

говорит об использовании сверл типа P6M5 или HSS. Внутреннее точение (Rz40) подразумевает работу корпусных сверл с возможностью внутренней подачи СОЖ и использованием вольфрам-кобальтовых пластин. Визуально внутреннее точение от сверления можно отличить по глянцевой и ровной поверхности отверстия, характерной при использовании режущего инструмента на токарном или расточном станке. При выборе способов устройства отверстий, хотелось бы немного остановиться на масштабе обработки, непосредственно влияющем на качество и скорость изготовления деталей. Например, для получения отверстий для высокопрочных, фрикционных соединений часто бывает необходимо осуществлять механическую обработку непосредственно в листе (или профиле) до того, как деталь будет вырезана или обработана с использованием термической резки.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что к выбору способов обработки деталей и изготовлению металлических конструкций необходимо подходить творчески, поскольку оптимальные решения для повышения производительности и снижения себестоимости могут оказаться менее очевидны на первый взгляд. Модель технологического контроля качества — это выбор технологии изготовления металлических конструкций, при которой изделия будут соответствовать предъявляемым требованиям при наименьших затратах и минимальных квалификационных требованиях к сотрудникам на предприятии.

РАЗВИТИЕ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

В статье представлены тенденции развития кузнечно-штамповочного производства, имеющего важное значение для совершенствования структуры заготовительного производства и обеспечения конкурентоспособности машиностроения в целом. Совершенствование конструкций кузнечно-штамповочного оборудования и разработка новых технологий оказывают существенное влияние на эффективность заготовительного производства и создает возможности для применения высокоавтоматизированных и безлюдных производств. С учетом общих тенденций в области цифровой трансформации промышленности предложено разработать концепцию развития кузнечно-штамповочного производства.

**Петров Александр Николаевич, д.т.н.,
Московский политехнический университет
Аюпов Тафкил Хаматдинович, к.т.н., ММЗ «Авангард»
Позднеев Борис Михайлович, д.т.н., МГТУ «СТАНКИН»**

Повышение эффективности производства, интенсификация производственных процессов, экономия использования металла и сокращение трудовых затрат в машиностроении начинается с заготовительного производства.

Современный уровень жизни предъявляет высокие требования к заготовительным и механообрабатывающим производствам. Механообрабатывающие производства хотят получать от заготовителей поковок полуфабрикаты с минимальным припуском под последующую обработку и с высокой повторяемостью по точности размеров. Сборочное производство требует от механиков готовых деталей высокой точности по размерам и высокой чистоты сопрягаемых в процессе сборки поверхностей. Все это в конечном итоге отражается на надежности и долговечности собранного узла, агрегата, машины и т.п. [1].

Обработка металлов давлением — производительный и экономичный метод, позволяющий получать полуфабрикаты с максимально приближенной формой готовых изделий или получать окончательно готовые изделия без последующей механической обработки. Благодаря росту производства и совершенствованию кузнечно-прессовых машин за период с 30-х по конец 80-х годов прошлого века 80% деталей подвергали обработке металлов давлением [2, 3, 4].

В 80-х годы прошлого века на многих автомобильных заводах и на других машиностроительных предприятиях страны разрабатывали, осваивали и внедряли малоотходные технологические процессы на действующем оборудовании. Экономический эффект достигался в первую очередь благодаря высокой квалификации специалистов, работающих в области обработки металлов давлением.

Как пример можно вспомнить технологию штамповки конических зубчатых шестерен или изотермическую штамповку алюминиевых и титановых сплавов [5, 6], **рис. 1, 2.**

В те же годы появились автоматизированные линии, зарубежные и отечественные, на предприятиях автомобильной и подшипниковой промышленности. На **рис. 3** показана автоматизированная линия Воронежского завода ТМП.

Создание мини-металлургического оборудования в ВНИМетМаш для машиностроительных предприятий, например, автоматизированного зубопрокатного стана, позволило разработать технологический процесс прокатки ведомых шестерен с зубом размером 300 мм в диаметре и шириной 20 мм. Станы поперечно-клиновой прокатки нашли применение для технологии прокатки ступенчатых валов размером от 60 до 100 мм [5].



Рис. 2. Алюминиевые поршни после изотермической штамповки на гидравлическом прессе силой 2,5МН: 1 и 3 — изотермическая штамповка; 2 и 4 — механообработка



1

Рис. 1. Штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе 25МН: 1 — общий вид пресса; 2 — поковка полуосевой шестерни



2



Рис. 3. Автоматизированная линия ТМП на базе горячештамповочного пресса силой 25МН для штамповки полуосевых шестерен

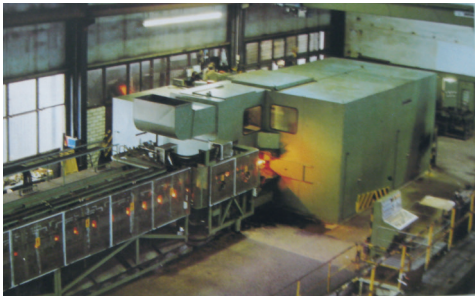


Рис. 4. Горячевысадочный автомат фирмы «Хатебур», АМР70 в комплексе со стеллажом для прутков, индукционным нагревателем и звукоизолирующей кабиной

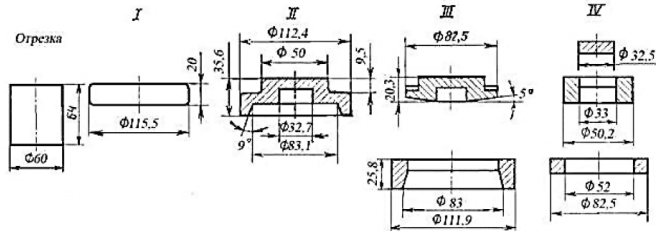


Рис. 5. Совмещенная штамповка двух деталей от одной заготовки на автомате фирмы «Хатебур» АМР 70

Появление горячевысадочных и холодновысадочных автоматов, зарубежных и отечественных, для массового и крупносерийного производства позволило повысить качество и производительность, уменьшить коэффициент использования металла и снизить себестоимость изделий [5]. Автоматы успешно работали и работают на предприятиях автомобильной, подшипниковой и метизной промышленности (рис. 4, 5).

В России с 70-х годов прошлого века модернизацией винтовых прессов и молотов занимались ведущие ученые и специалисты в области станкостроения: Бочаров Ю.А., Зимин Ю.А., Сафонов А.В., Аюпов Т.Х., Ланской Е.Н., Субич В.Н., Степанов Б.А., Колотов Ю.В., Васильев К.И., Корнилова А.В. и многие другие.

В 80-е годы прошлого века на заводе тяжелых механических прессов г. Воронежа был разработан, изготовлен и введен в эксплуатацию модернизированный электровинтовой пресс с муфтовым приводом Ф1738М для штамповки поковок различной степени сложности из разных материалов. Пресс Ф1738М имеет улучшенные технико-экономические показатели по сравнению с винтовым дугостаторным прессом Ф1738 [8–11]. На рис. 6 показан общий вид модернизированного пресса Ф1734М.

Экспериментальные исследования и промышленная эксплуатация винтового пресса с муфтовым приводом Ф1738М показали улучшение технико-экономических по-

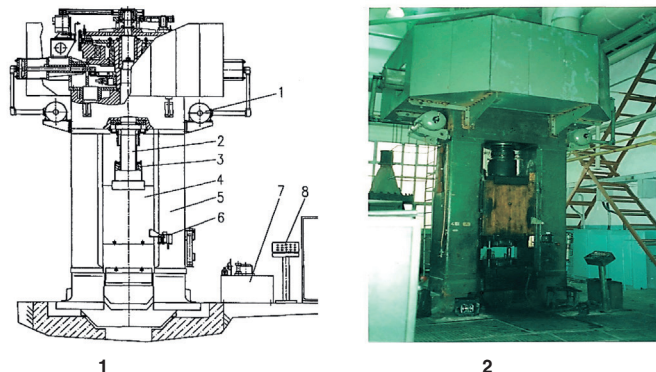


Рис. 6. Винтовой пресс с муфтовым приводом Ф1738М силой 6300 кН: 1 — схема пресса: 1 — ресиверы; 2 — винт; 3 — гайка; 4 — ползун; 5 — направляющие станины пресса; 6 — конечный выключатель; 7 — система смазки; 8 — пульт управления; 2 — общий вид пресса

казателей работы пресса: эффективная энергия деформирования увеличивается более чем в 3 раза; потребление электроэнергии уменьшается примерно в 4 раза [12].

В 90-е годы прошлого века зарубежные станкостроительные фирмы, специализирующиеся на производстве винтовых прессов, используемых в различных отраслях и для различных целей, стали оснащать свои машины системами контроля и управления, использовать новые материалы и совершенствовать базовую конструкцию машин (пресса). Винтовой пресс выбирают исходя из требований к штампуемому изделию и материалу изделия. Поэтому экономическая целесообразность выбора той или иной конструкции пресса (фрикционный, гидравлический или электрический) должна опираться прежде всего на эти два фактора.

Учитывая простоту фрикционных винтовых прессов, известные итальянские фирмы Dellavia, Osterwalder и Vaccari выпускают этот тип винтовых прессов для штамповки цветных металлов и сплавов. Итальянская фирма Ficer, специализируется на производстве как фрикционных, так и электровинтовых прессов для штамповки сталей и легких сплавов. Японская фирма Enomoto Machine Co выпускает и фрикционные и электровинтовые presses для штамповки углеродистых сталей и сплавов, цветных и легких сплавов.

Германские фирмы Lasco и Mueller Weingarten (Schuler) известны как поставщики электровинтовых прессов для различных отраслей промышленности. Прессы этих фирм предпочитают использовать для точной штамповки турбинных и компрессорных лопаток в авиационной промышленности. На рис. 7 изображены электровинтовые presses вышеперечисленных фирм. В настоящее время китайские фирмы вышли на российский рынок с электровинтовыми прессами и гидравлическими молотами, оснащенными цифровыми системами контроля и управления [1, 7].

Пути развития технологий в кузнечно-штамповочном производстве включали в себя модернизацию действу-

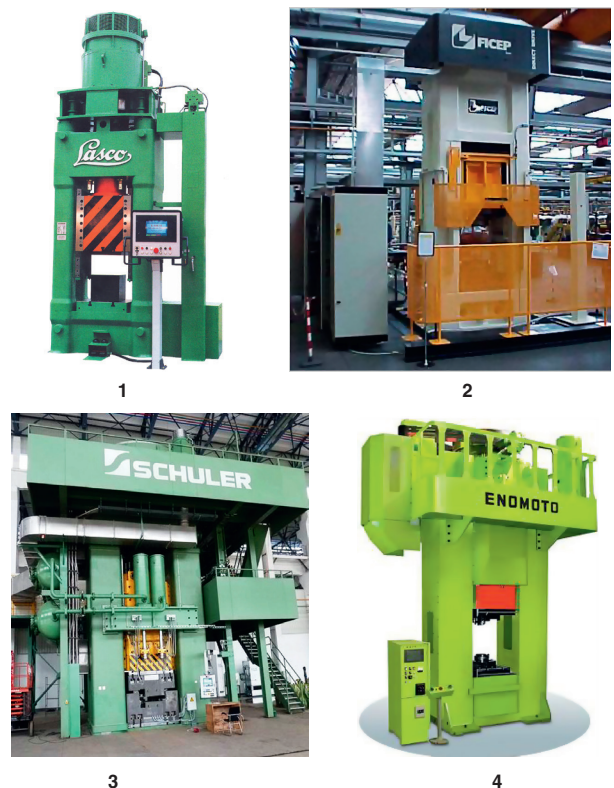


Рис. 7. Электровинтовые presses: 1, 3 — Германия; 2 — Италия; 4 — Япония

ющего оборудования или создание принципиально нового оборудования. Точность изготовления детали (поковки) зависит от многих параметров, главный из которых — оборудование. Применение более совершенных металлообрабатывающих станков и кузнечно-прессовых машин, оснащенных цифровыми системами контроля и управления, позволяют расширить возможности получения качественных изделий с учетом требований заказчика.

Первые работы по автоматизации проектирования технологических процессов на ЭВМ были начаты в 60-е годы прошлого века [13]. На сегодняшний день компьютерные программы расчета, проектирования и моделирования дают возможность сократить сроки подготовки и запуска производства новых изделий. Алгоритм системы подготовки производства в кузнечно-штамповочном производстве машиностроительного предприятия графически показан на **рис. 8**.

Начало XXI века в машиностроении можно охарактеризовалось роботизацией автоматизированных линий и созданием комплексов в кузнечно-штамповочном производстве с полубезлюдной технологией изготовления и контроля.

Задачи роботизации и автоматизации штамповочных линий заключаются в следующем:

- повышение производительности,
- оптимизация конструкции штампа,
- оптимизация системы замены штампа,
- оптимизация системы смазки,
- оптимизация ремонта,
- повышение качества,
- снижение брака из-за неточности позиционирования,
- 100 % повторяемость формы и геометрических размеров поковок,

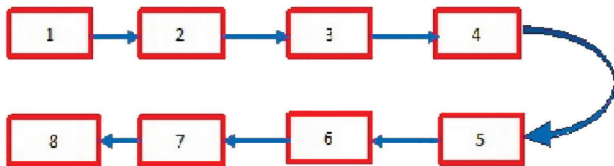


Рис. 8. Подготовка производства в кузнечно-штамповочном производстве: 1 — заказ и согласование технической документации с заказчиком; 2 — разработка и согласование чертежа поковки между заготовительными и механообрабатывающими цехами; 3 — разработка технологии изготовления поковок; 4 — разработка чертежа штампа и трехмерной модели поковки; 5 — согласование с инструментальным производством; 6 — передача трехмерной модели поковки для изготовления штампа на станках с ЧПУ; 7 — заказ металла и запуск в производство изготовления поковок; 8 — изготовление поковок, контроль и передача на механическую обработку

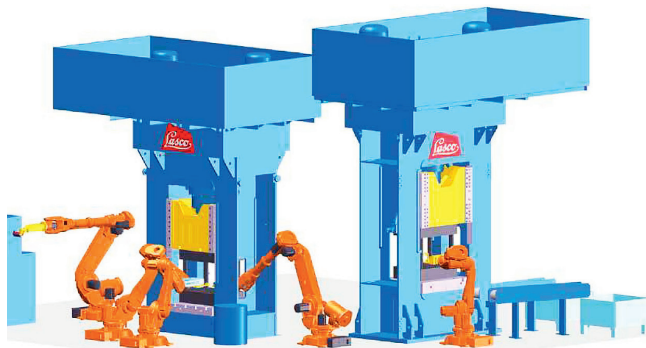


Рис. 9. Общий вид в 3D роботизированной линии штамповки [7]

- снижение себестоимости.

На **рис. 9** показана 3D-схема роботизированного участка штамповки.

Автоматизированная линия на базе прокатного стана для прокатки малолистовой рессоры грузового автомобиля с системой управления и контроля осваивалась в 2003 году на АМО ЗИЛ совместно с разработчиком ВНИИМетМаш. Линию, оснащенную компьютерами и монитором для отслеживания процесса прокатки, обслуживал оператор (инженер-электронщик), который быстро реагировал на сигналы системы и оперативно принимал решение [14]

С 2013 года на метизном предприятии «Северсталь» (ООО «Параллель») успешно эксплуатируется автоматизированный комплекс, оснащенный роботами и системами управления и контроля изготовления метизов большого диаметра [1], **рис. 10**. Комплекс обслуживает один оператор. ООО «Параллель» — развивающееся предприятие, оснащенное современным оборудованием.

За рубежом, как правило, высадка болтов большого диаметра осуществляется на автоматизированных линиях. Современная технология изготовления высокопрочных болтов базируется на использовании методов холодной или горячей высадки заготовок и накатки резьбы на специальных автоматах. Применяются различные холодно- и горячевысадочные автоматы, способные изготавливать высокопрочные болты с производительностью 100–200 шт/мин. Если требуются большие партии болтов диаметром до 30 мм и длиной до 300 мм, то наиболее экономичный способ их изготовления — это холодная высадка на многопозиционных холодновысадочных автоматах. Горячую высадку предпочтительно использовать для стандартных и специальных болтов диаметром до 90 мм.

Однако в случае изготовления небольших партий болтов (гаек) и большой номенклатуры типоразмеров использование универсального оборудования экономически целесообразно. На **рис. 10** показана зона электровинтового пресса в момент горячей высадки болта М36.

Рис. 10. Горячая высадка болтов на автоматизированной линии

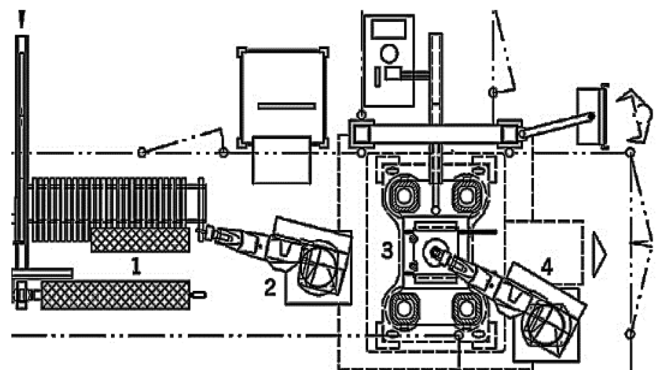
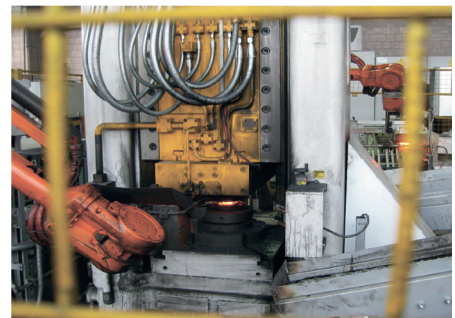


Рис. 11. Роботизированная линия на базе электровинтового пресса силой 3,15 МН для горячей высадки болтов



Автоматизированная линия включает нагревательную установку и электровинтовой пресс силой 3,15 МН. Перенос заготовок осуществляется с помощью двух роботов. Второй робот после высадки удаляет поковку из штампа и одновременно выполняет функцию смазчика: сдувает окалину и наносит смазочный материал на инструмент.

На рис. 11 показана планировка автоматизированного участка высадки болтов. Отрезанные заготовки подают в индукционный нагреватель 1, где их нагревают до температуры пластической деформации. Заготовки можно нагревать частично (только штампуемую головку болта) для длинных болтов или полностью — для коротких болтов. Робот 2 используется для переноса нагретой заготовки из нагревателя и укладки ее в штамп прессы 3. Робот 4 используют для удаления отштампованной заготовки из штампа и смазки штампа.

В статье: «Разработка киберфизических систем» [15] приведен обзор IT-технологий применительно к машиностроительному производству и, в частности, применение киберфизических систем. Обсуждается вопрос «сквозной» автоматизации безлюдных процессов в обработке металлов давлением, предполагающий симбиоз управления подготовки производства и управления изготовления изделий. Вероятность создания в будущем безлюдных предприятий заготовительного производства каких-либо типовых изделий на базе киберфизических систем не исключается, равно как и вероятность ожидаемых событий в ближайшей перспективе.

На сегодняшний день сложно объединить систему подготовки производства и систему изготовления изделий в единое целое. Предпосылкой нового витка развития кузнечно-штамповочного производства может быть частичная цифровизация, включающая цифровизацию системы подготовки производства и цифровизацию системы изготовления изделий. Цифровизация подготовки производства подразумевает цифровой контроль документооборота от заказчика к исполнителю. Цифровизация изготовления изделий подразумевает модернизацию и создание новых кузнечно-прессовых машин с цифровыми системами контроля и управления и, как следствие, новых технологий.

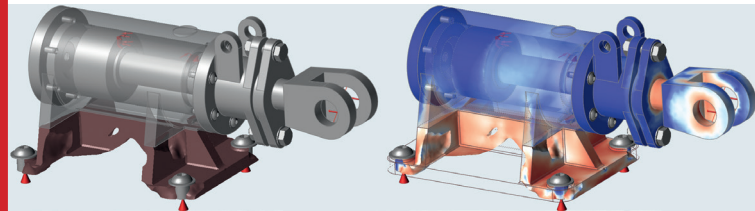
Необходимо отметить, что в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 06.06.2020 № 1512-р (ред. от 09.09.2023) «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года» предусматривается повысить в течение 12 лет индекс обрабатывающих производств на 55 % по отношению к базовому 2019 году. Столь значительные темпы роста могут быть обеспечены за счет активного инновационного развития процессов металлообработки и заготовительных производств в целом.

В области кузнечно-штамповочного производства, технологическая модернизация которого в течение последних 20–25 лет практически не выполнялась, требуется разработка долгосрочной стратегии технологического развития, ориентированной на формирование новой высокотехнологичной среды и интеграции в цифровую среду машиностроения. Весьма важно, чтобы в рамках нового федерального проекта по развитию станкоинструментальной промышленности на период

Кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» Московского политехнического университета специализируется на компьютерном проектировании технологии и создании её цифрового двойника (digital twin). Задача специализации — получение наилучшего совпадения результатов моделирования с результатами натуральных экспериментов. В своей работе сотрудниками кафедры применяются современное программное обеспечение, такое как «Т-Флекс», Inventor, QForm, AutoForm, Pam-Stamp, Altair HyperWorks, solidThinking Inspire, MatLab, Abaqus, Comsol и другое.

ОСНОВНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ ЯВЛЯЮТСЯ:

- исследование технологических свойств материалов для аддитивных технологий и выбор термомеханических режимов 3D-печати;
- разработка технологий и оборудования для аддитивного производства;
- обратный инжиниринг и топологическая оптимизация для решения задач обработки давлением и аддитивного производства;
- листовая и объёмная штамповка, прокатка — разработка, исследование, внедрение технологий на опытное или серийное производство;
- разработка, исследование, внедрение технологий изготовления метизных и крепежных изделий;



- специальные процессы штамповки: изотермическая штамповка и штамповка с кручением чёрных и цветных сплавов;
- повышение стойкости штамповой оснастки и кузнечно-штамповочного оборудования;
- разработка моделей материалов для компьютерного моделирования технологий обработки давлением.

КАФЕДРОЙ ВЕДЁТСЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ:

- «Машины и технологии обработки материалов давлением» (очное, бакалавриат, 15.03.01 Машиностроение);
- «Аддитивные технологии» (очное, бакалавриат, 27.03.05 Инноватика);
- «Цифровые технологии аддитивного и заготовительного производства» (очное, магистратура, 15.04.01 Машиностроение).



Контактная информация:
115280, г. Москва,
ул. Автозаводская, д. 16
Тел.: +7/495/ 223-05-23, доб. 2344,
e-mail: omd.at@mospolytech.ru



до 2030 года были рассмотрены мероприятия, направленные на разработку отечественного высокотехнологичного кузнечно-прессового оборудования и систем управления технологическими комплексами, способные интегрироваться в умное производство в соответствии с требованиями новой системы цифровой промышленности ГОСТ Р. Для реализации данного подхода необходима разработка концепции, обобщающей основные этапы и задачи в области развития кузнечно-штамповочного производства и учитывающей общие подходы к инновационному развитию этой приоритетной подотрасли в условиях цифровой трансформации промышленности [16–18].

Концепция модернизации (или концепция переоснащения штамповочного агрегата) может выглядеть следующим образом: текущее состояние, первый этап модернизации, второй этап модернизации, третий этап модернизации (полная автоматизация).

На рис. 12 показан поэтапный процесс автоматизации в кузнечном производстве.

Такая концепция значительно сократит трудоемкость, уменьшит материальные затраты, повысит культуру заготовительного производства и повысит конкурентоспособность.

Литература

1. Петров А.Н. Применение электровинтовых прессов и гидравлических молотов в технологических процессах горячего деформирования / А.Н. Петров, П.А. Петров, М.А. Петров. Москва: Московский Политех, 2021. Электронное издание.
2. Развитие кузнечно-прессового машиностроения // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 1977. № 10. С. 2–5.
3. Массен В.А. Об основных технических направлениях проектирования и создания современных кузнечно-штамповочных производств / В.А. Массен // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 1976. № 12. С. 28–31.
4. Кирюшин М.С. Развитие заготовительного производства / М.С. Кирюшин, А.Н. Петров, С.А. Рудницкий // Авиационная промышленность. 2002. № 3. С. 40–50.
5. Шило Э.М. Опыт внедрения малоотходных технологических процессов в кузнечном производстве ПО «ЗИЛ» / Э.М. Шило // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 1986. № 10. С. 11–12.

6. Изотермическое деформирование металлов /С.З. Фиглин, В.В. Бойцов, Ю.Г. Калпин [и др.]. М.: Машиностроение, 1978. 239 с.
7. Петров А.Н. Машины для обработки металлов давлением фирмы «Lasco» / А.Н. Петров // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2009. № 5. С. 40–43.
8. ВНИИТЭМР, 1988 г. Винтовые прессы с муфтовым приводом для горячей объемной штамповки. авт. Сафонов А.В., и Федоркевич В.Ф. УДК 621.735.043.016.2.06.
9. Зимин Ю. А. Проблемы точной штамповки в связи с жесткостью кинематической схемы кузнечно-прессовых машин // Сборник докладов и материалов VIII Конгресса «Кузнец-2018». Рязань, 2018. С. 107–110.
10. Сафонов А.В., Аюпов Т.Х., Минаев А.И. Штамповка точных энергоемких заготовок на модернизированном винтовом прессе с муфтовым приводом // Авиакосмические технологии «АКТ-2003»: Труды четвертой Российской научно-технической конференции. Воронеж, 2003. С. 38–46.
11. Сафонов А.В. Модернизация винтового пресса с электрическим дугостаторным приводом номинальной силы 6300кН. // А.В. Сафонов, А.Т. Крук, Т.Х. Аюпов, Ю.В. Ефимов; А.И. Минаев; А.В. Губарь // Кузнечно-штамповочное производство. 2002. № 3. С. 14–19.
12. Аюпов Т.Х., Петров А.Н. Модернизация винтовых прессов с дугостаторным приводом / Т.Х. Аюпов, А.Н. Петров // Заготовительные производства в машиностроении. 2022. Т. 20, № 11. С. 507–510.
13. Тетерин Г. П. Применение ЭВМ в автоматизации технологической подготовки горячештамповочного производства / Г.П. Тетерин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 1974. № 12. С. 28–33.
14. Пысин Н.И. Малолистовая рессорная стадии опытно-промышленного производства. / Н.И. Пысин // Московский Автозаводец. 16 октября 2003. № 16-17.
15. Кармишин А.А., Макаров В.М., Лукина С.В. Киберфизические производственные системы // Ритм машиностроения. 2022. № 9. С. 32–38.
16. Позднеев Б. М. Интегрированная информационная поддержка процессов проектирования и производства поковок конкурентоспособного качества.— М.: Янус-К, 2005.152 с.
17. Позднеев Б.М., Никитин Д.В., Бабенко Е.В. Перспективы развития и интеграции станкостроения в экосистему цифровой промышленности // Станкоинструмент. 2023. № 2. С. 88–94.
18. Б.М. Позднеев. Цифровые инновации — основа формирования обмена отечественного машиностроения // Стандарты и качество. 2021. № 3. С. 50–52.

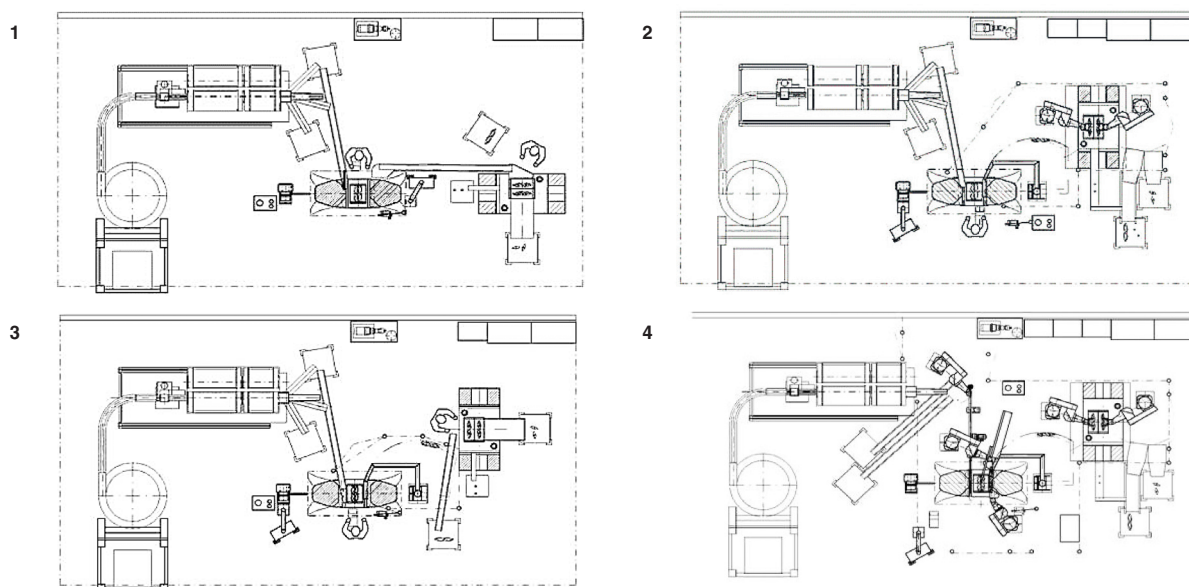


Рис. 12. Этапы модернизации: 1 — текущее состояние; 2 — первый этап; 3 — второй этап; 4 — третий этап

ВОСТРЕБОВАННОСТЬ ИННОВАЦИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ



Данным материалом вновь поднимается тема развития отечественной отрасли термообработки, затронутая в журнале «РИТМ машиностроения» № 4, 2023. В статье предлагается рассмотреть сложившуюся ситуацию с востребованностью инноваций в отечественном машиностроении с точки зрения разработчиков и производителей инновационных технологий и оборудования, а также предложения по ее улучшению.



Юрий Порфирьевич Жижин,
директор
ООО «Пктимаш-термо»,
почетный машиностроитель,
лауреат премии
им. С.И. Мосина

Наше предприятие ООО «Пктимаш-термо» (г. Тула) разработало и довело до уровня широкого промышленного применения инновационную нанотехнологию термической и химико-термической обработки металлов в кипящем слое наноструктурированного катализатора (ТО и ХТО НК).

Технология и оборудование (установки «Корунд») основаны на новом аппаратном методе проведения традиционных процессов в термическом производстве машиностроения и отвечают всем требованиям производственных систем мирового класса (WCM).

Двадцатилетний опыт применения технологии и оборудования на двух десятках предприятиях в России и за рубежом (Казахстан, Литва) в различных отраслях машиностроения (оборонная и нефтегазодобывающая промышленность, станкостроение, приборостроение, инструментальное производство и др.) показал, что технология ТО и ХТО НК:

- обеспечивает качество, не достижимое для традиционного оборудования, и повторяемость результатов обработки;
- обеспечивает гибкость производства, проведение с незначительными переналадками в одном рабочем пространстве нескольких процессов;
- снижает затраты на производство за счет высокой производительности оборудования, снижения энергоемкости процесса, исключения вспомогательных операций;
- обеспечивает экологическую безопасность.

По экспертной оценке, на обработку по технологии ТО и ХТО НК с использованием установок «Корунд» можно перевести до 30% всего объема термического производства в машиностроении. Их можно применять вместо шахт-

ных печей, камерных печей, соляных ванн, в 95% случаях вакуумного оборудования, причем заменяя до 3 единиц традиционного оборудования. При всех преимуществах стоимость оборудования с инженеринговыми услугами находится в пределах стоимости аналогов оборудования для традиционных технологий. Однако спрос на инновационную технологию и оборудование в настоящее время минимальный.

В период с августа 2022 года по август 2023 года нами было проведено очередное исследование рынка спроса на инновационную технологию ТО и ХТО НК, в котором принимали участие 70 отечественных предприятий машиностроения, включая предприятия ВПК и МСП (предприятия малого и среднего бизнеса).

По результатам исследования у 38 предприятий (54%) выявлена потребность в развитии термического производства, из них 14 предприятий (37%) проявили интерес к технологии ТО и ХТО НК (остальных инновационные технологии не интересовали).

Одиннадцать заинтересованных в технологии ТО и ХТО НК предприятий проработали с привлечением разработчиков технологии вопрос возможности и эффективности применения на их предприятиях установок «Корунд». Определено, что на десяти предприятиях (90%) будет получено значительное повышение качества обработки и экономический эффект от технологии ТО и ХТО НК, им направлены коммерческие предложения с расчетами технико-экономических показателей. После изучения наших предложений лишь два предприятия приняли решение о приобретении в 2024 г. трех установок.

Выводы по результатам исследований:

1. При сложившихся в отечественном машиностроении условиях для внедрения новой техники и прогрессивной технологии 30% предприятий, развивающих термическое производство, может быть внедрена инновационная технология ТО и ХТО НК, что подтверждается результатами аналогичных маркетинговых исследований, неоднократно проводимых в 2001–2014 гг. (в 2006–2008 гг. были опрошены представители 512 предприятий).

2. Крупные предприятия, имеющие госзаказы на производимую продукцию, слабо заинтересованы во внедрении новой техники и прогрессивной технологии. Главная задача предприятия — любой ценой качественно и в установленные сроки выполнить госзаказ, то, что не является услови-

ем госзаказа, — вторично. Новую технику применяют при решении технически сложных проблем, возникающих при освоении новой продукции (исключения есть, но встречаются редко), отсюда:

— отсутствие у предприятий заданий техническим службам по снижению затрат, повышению эффективности производства;

— отсутствие материального стимулирования технических служб во внедрении новой техники.

Кроме того, повсеместно наблюдается дефицит квалифицированных рабочих кадров (термистов), по данным Минпросвещения России, профессиональная подготовка специалистов-термистов в стране отсутствует.

3. МСП не располагают финансовыми возможностями для развития и модернизации производства, в том числе и внедрения новой техники, из-за высоких ставок на кредит.

4. Высокая производительность инновационной технологии приводит к низкой загрузке оборудования из-за малых объемов производственной программы (в основном у МСП) и, соответственно, к большим срокам окупаемости инвестиций.

5. У заказчика оборудования при принятии решения о приобретении инновации складывается мнение о «завышенном инновационном риске» из-за отсутствия заключения на инновацию от авторитетных экспертов. В результате перед заключением договора на поставку оборудования и технологии по заявке заказчика проводятся опытно-экспериментальные работы, подтверждающие заявленные характеристики инновации. В связи с чем срок принятия решения о приобретении новой техники с момента получения первой информации о ней составляет от 5 месяцев до 1 года.

6. Отсутствие у разработчиков инноваций необходимых финансовых ресурсов на изготовление опытных образцов, проведение комплексных испытаний, рекламирование и популяризацию инновационного оборудования и технологий.

Маркетинговые исследования спроса на инновации проводились в рамках одного технологического передела машиностроения — термического производства, но выводы исследований типичны для всего машиностроения.

КАК ЭТО НИ ПАРАДОКСАЛЬНО, НО В СЛОЖИВШЕЙСЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИГРЫВАЮТ ТРАДИЦИОННЫМ В ВОСТРЕБОВАННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА.

На пути инноваций в производство стоит целый ряд барьеров:

1. Человеческий фактор. Внедрение новой техники требует от технологических служб предприятий дополнительных интеллектуальных, психологических, моральных затрат при отсутствии соответствующего стимулирования, а руководство (если оно не является собственником) не заинтересовано в получении дополнительных рисков. Все это является основным препятствием на пути инноваций в производство.

2. Высокие ставки кредитования снижают экономическую эффективность инноваций, зачастую делают срок окупаемости неприемлемым для вложений.

3. Высокая производительность инновационного оборудования при небольших производственных программах

увеличивает срок окупаемости, уменьшает заинтересованность инвесторов.

4. Отсутствие государственной системы экспертизы инноваций, что завышает у предприятий, принимающих решение о внедрении инновации, оценку инновационного риска.

5. Недостаток финансовых средств у разработчиков инноваций на доведение разработок до уровня промышленного применения (изготовление опытных образцов, проведение комплексных испытаний, рекламирование и популяризация инноваций) лишает машиностроение возможности использования инноваций для развития производства.

Инновации являются движущей силой развития любой сферы деятельности. Главнейшей государственной задачей является ускоренное развитие экономики и ее основы — машиностроения. Требуются инновации, перед которыми в сложившейся ситуации выстроился целый ряд барьеров (часть которых перечислена выше). Преодоление барьеров без вмешательства государства невозможно.

НЕОБХОДИМО СОЗДАТЬ ГОСУДАРСТВЕННУЮ СИСТЕМУ СТИМУЛИРОВАНИЯ И ПРОДВИЖЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВО, ОПИРАЯСЬ НА ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ, А ТАКЖЕ НА СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ СТРАН С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ РАЗВИТИЯ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ.

На наш взгляд, в целях создания условий для инноваций как основы в развитии промышленности целесообразно:

1. Организовать в структуре Министерства промышленности и торговли РФ Государственный комитет по инновациям (аналог ГКНТ Совета Министров СССР, упраздненный в 1991 году) для осуществления функций по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере:

1.1. Разработки и реализации государственной программы по созданию и продвижению в производстве инновационных технологий.

1.2. Формирования на базе действующих НИИ и КБ сети головных организаций по технологическим переделам (профильным направлениям) машиностроения и производства гражданской продукции и координации их деятельности.

1.3. Определения совместно с РАН основных направлений развития науки и техники; планирования и организации разработок по решению важнейших, имеющих общегосударственное значение межотраслевых научно-технических проблем; организации создания и внедрения в производство инновационных технологий.

1.4. Налаживания связей с зарубежными дружественными странами по направлению научно-технического сотрудничества.

1.5. Взаимодействия с предприятиями ВПК по обмену достижениями в области разработок и внедрения инновационных технологий.

1.6. Организации деятельности головных НИИ и КБ по: • определению направления развития курируемой ими сферы деятельности с учетом последних достижений науки и техники.

- проведению по заявкам разработчиков экспертизы технического уровня инноваций; на этапе технического проекта — с выдачей заключения о перспективности разработки; на этапе доведения до уровня промышленного применения — с выдачей заключения о внесении инновации в «Номенклатурный справочник инноваций»;

- ежегодному составлению и публикации «Номенклатурного справочника инноваций» в курируемой сфере деятельности.

1.7. Организации с привлечением головных НИИ и КБ:

- разработок предложений по созданию сети Региональных центров коллективного пользования (ЦКП) на базе применения инновационных технологий, внесенных в «Номенклатурные справочники»;

- совместно с региональными органами власти — привлечения инвесторов к созданию сети ЦКП в регионах. Это позволит расширить область применения инноваций в виде кооперированных услуг для предприятий с малыми объемами производственной программы.

2. Для предприятий, внедривших инновационные технологии, внесенные в «Номенклатурный справочник инноваций», составленный головными НИИ и КБ, установить:

- дотации на погашение платы за кредит, полученный на внедрение технологии;

- льготное налогообложение на 5 лет (по налогам на прибыль, на имущество и др.) при условии фактического использования инновации.

3. Для разработчиков инновационных технологий, имеющих положительные заключения от головных НИИ и КБ на технический проект, установить дотации: на изготовление опытного образца, проведение комплексных испытаний и экспертиз, участие в выставках и рекламную деятельность.

4. Обязать заказчиков оформлять госзаказы на поставку продукции лишь с поставщиками, представившими:

- план повышения эффективности производства за счет внедрения инновационных технологий, предусматривающий снижение трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости производства, соответствующего отраслевому нормативу;

- заключение технологического аудита о выполнении плана повышения эффективности производства за предыдущий период.

5. В высших учебных заведениях включать в программы обучения специалистов изучение инновационных технологий, внесенных в «Номенклатурный справочник инноваций», по соответствующей специальности.

По нашему убеждению, лишь вмешательство государства может исправить сложившуюся в экономике ситуацию, не позволяющую инновациям занять ведущую роль в развитии машиностроения. Предлагаемый комплекс мероприятий государственной поддержки внедрения инновационных технологий позволит стимулировать предприятия различных форм собственности в применении инноваций, как крупных, работающих в основном по госзаказам, так и МСП, не имеющих в настоящее время возможности развиваться за счет инноваций из-за нехватки финансовых ресурсов.

КАКИЕ БЫ ЗАТРАТЫ НИ ПОТРЕБОВАЛИСЬ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ОНИ ОКУПАТСЯ ЗА СЧЕТ УСКОРЕНИЯ ТЕМПОВ РОСТА ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ, ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА, СНИЖАЮЩЕЙ ЗАТРАТЫ НА ГОСЗАКУПКИ.



XXI Международная конференция «ОПТИКА ЛАЗЕРОВ» ISLO 2024

г. Санкт-Петербург, Россия, 1-5 июля 2024 г.

[https://www.laseroptics.org/
conference@laseroptics.org](https://www.laseroptics.org/conference@laseroptics.org)

Тел.: +7 (812) 323 6348

Факс: +7 (812) 334 0824

Твердотельные лазеры
Высокомощные лазеры
Полупроводниковые лазеры, материалы и устройства
Управление лазерным излучением
Сверхсильные поля и сверхбыстрые процессы
Лазеры и системы для визуализации,
зеленой фотоники и устойчивого развития
Лазеры для космических систем связи,
локации, геодезии и навигации
Нелинейная фотоника
Оптические наноматериалы
Лазеры на свободных электронах
Нелинейная квантовая фотоника
Биофотоника

Выставка

Официальный язык конференции – английский

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ



Западные санкции в отношении Российской Федерации прекратили или серьёзно ограничили деятельность подавляющего большинства ведущих иностранных компаний в нашей стране, что должно было нанести ощутимый вред текущей производственной деятельности, развитию или расширению производств российских предприятий в различных отраслях промышленности. Но введение санкций не остановило развитие производств в стране. После некоторого спада, вызванного корректировкой технологических циклов и привлечением российских разработчиков технологий и изготовителей технологического оборудования, многие отечественные предприятия продолжили деятельность, опираясь на отечественные науку и технологии.

**С.А. Евсюков, зав. кафедрой, д.т.н., профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Е.Н. Лычагин, генеральный директор ООО МЗ «Сталь»
Е.Н. Блохин, коммерческий директор ООО «Сварби»
А.К. Никитин, главный конструктор ООО МЗ «Сталь»
К.А. Милинчук, инженер-конструктор ООО МЗ «Сталь»**

В настоящей статье остановимся на одной из востребованных в промышленном производстве технологий — нанесение антикоррозионных покрытий на металлические изделия. Нанесение металлов в качестве защитных покрытий значительно увеличивает срок службы изделий. Наиболее универсальным и высокотехнологичным методом нанесения покрытий является газотермическое напыление. Его отличает высокая производительность, возможность нанесения покрытий из различных металлов при использовании одной и той же аппаратуры. Рассмотрим пример автоматизированной линии для нанесения методом электродуговой металлизации антикоррозионных покрытий из нержавеющей стали на корпуса насосов УЭЦН и покрытий из цинка или алюминия на трубы диаметром 56...136 мм (рис. 1).

В большинстве случаев изготовление металлоконструкций ведётся из низколегированных (чёрных) сталей. Главной задачей нанесения металлизированных покрытий является увеличение срока службы металлических изделий за счёт долговременной защиты от коррозионного разрушения. Эта задача актуальна в связи с тем, что лакокрасочные покрытия обладают невысокой антикоррозионной стойкостью и механической прочностью. При нанесении металлических покрытий на металлоконструкции последние приобретают свойства значительно более длительной эксплуатации.

Нанесение металлов в качестве защитных покрытий производится также и другими методами: горячим цинкованием, гальваническим способом, методом диффузионного насыщения и др. Но все эти способы имеют серьёзные ограничения: при гальваническом способе и методе диффузионного насыщения — ограниченные габариты деталей; при горячем цинковании — возможность нанесения только

цинкового покрытия, также процесс ограничивает габариты изделий габаритами ванн. Кроме того, покрытия, нанесённые этими методами, не всегда обеспечивают требуемый срок службы изделий.

Способы газотермического нанесения металлических покрытий из-за своей относительной простоты и высокой производительности позволяют во многих случаях решать проблему создания надёжной и долговременной защиты стальных изделий от коррозии. Широкое применение получило электродуговое напыление цинка, алюминия,



Рис. 1. Автоматизированная линия для нанесения металлизированных покрытий электродуговым методом

Таблица 1

Условия эксплуатации	Материал покрытия	Толщина покрытия, мкм	Срок службы, лет
Пресная вода	Алюминий	120	10
		160	30
		200	50
Морская вода	Цинк	160	10
		200	30
		250	50
Морская вода	Алюминий	160	10
		200	30
		250	50
Нефтепродукты, содержащие серу	Алюминий	160	10
		200	30
		250	50
	Нержавеющая сталь	200	30
		300	50
Непромышленная атмосфера	Цинк	150	25
Промышленная атмосфера	Алюминий	160	10
		200	20
Морская атмосфера	Алюминий	160	10
		200	20

нержавеющей стали и других материалов в следующих отраслях промышленности: строительстве, мостостроении, судостроении, нефте- и газодобывающей, где требования к срокам эксплуатации объектов исчисляются десятками лет. В первую очередь это относится к конструкциям длительного использования: мостам, башням, вышкам, опорам передач, несущим балкам строительных и мостовых конструкций, емкостям для хранения нефтепродуктов и другому оборудованию нефтегазового комплекса и т.д.

В **таблице 1** представлены данные ориентировочных сроков защиты для металлизационных покрытий (ГОСТ 9.304-87, ОСТ 26-1102-74) в различных средах.

Принцип создания покрытий электродуговым методом заключается в расплавлении двух непрерывно подаваемых проволок электрической дугой и распылении металла сжатым воздухом на специально подготовленную абразивоструйными методами поверхность. Большими преимуществами электродугового метода нанесения металлических покрытий являются экономичность и высокая производительность (наибольшая среди других способов газотермического напыления) при высокой прочности сцепления покрытия с поверхностью изделия и минимальная температура (80...100 °С) нагрева поверхности металлического изделия и покрытия, что минимизирует остаточные напряжения в нанесённом покрытии.

В состав аппаратуры электродугового нанесения покрытий автоматизированной линии входят стационарный аппарат и специализированный источник питания. Аппарат электродуговой металлизации ЭМ-19 (**рис. 2**), применяющийся в автоматизированных линиях, предназначен для нанесения металлических покрытий методом электродугового напыления с целью долговременной антикоррозионной защиты стальных изделий, а также для восстановления и упрочнения деталей машин.

Аппарат обладает высокой работоспособностью как на жёстких, так и на пластичных проволоках, имеет повышен-

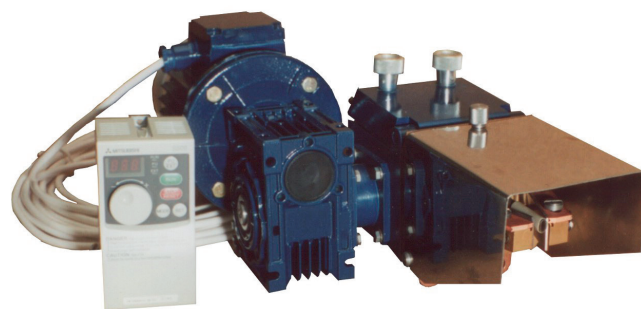


Рис. 2. Аппарат электродугового напыления ЭМ-19

ный ресурс токоподводов, расширенный набор функций блока управления. Мотор-редуктор не требует обслуживания в процессе эксплуатации. Многолетняя эксплуатация аппаратов ЭМ-19 в линии нанесения антикоррозионного цинкового покрытия на наружную поверхность труб показала их высокую работоспособность и надёжность.

Аппарат состоит из:

- распылительной головки с механизмом подачи проволоки,
- мотор-редуктора,
- многофункционального блока управления (преобразователя частоты).

Техническая характеристика аппарата электродуговой металлизации ЭМ-19 приведена в **таблице 2**.

Специализированный источник питания изготавливается на базе источника «Дуга-338 ИП» (изготовитель: ЗАО «Электроприбор», г. Тула) имеет повышенный коэффициент полезного действия, устойчиво работает во всем требуемом диапазоне напряжений и токов, позволяет производить процесс напыления с наименьшими потерями распыляемого материала и формировать покрытия, соответствующие по своим качествам регламентированным нормативным материалам. Одной из важных характеристик источников тока является коэффициент ПВ (продолжительность включения), или, другими словами, продолжительность работы с нагрузкой к общей продолжительности процесса сварки или нанесения покрытий. Он определяет, по сути, возможность работы источника без выключения в непрерывном режиме. Источник тока «Дуга-338 ИП» имеет ПВ = 100% при токах до 350 А.

Таблица 2

№ п/п	Наименование параметра	Значение	
1	Максимальная производительность по распыленному металлу, кг/ч:	алюминий	14
		цинк	40
		нержавеющая сталь	19,5
2	Диаметр распыляемой проволоки, мм	1,5–2,5	
3	Рабочий ток дуги, А	до 500	
4	Рабочее напряжение дуги, В	17–40	
5	Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5–0,6	
6	Расход сжатого воздуха, м³/мин	1,5	
7	Габаритные размеры аппарата, мм	470×265×170	
8	Вес аппарата с блоком управления, кг	12,7	



Рис. 3. Автоматизированная линия для нанесения металлических покрытий методом электродугового напыления

Таблица 3

№ п/п	Наименование параметра	Норма
1	Максимальная производительность распыления (при ПР = 100 % и номинальном токе), кг/ч: алюминий цинк нержавеющая сталь	14 40 19,5
2	Коэффициент использования распыляемого материала, не менее: алюминий (при напряжении 23 В) цинк (при напряжении 17 В) нержавеющая сталь (при напряжении 22 В)	0,65 0,65 0,7
3	Диаметр распыляемой проволоки, мм алюминиевой цинковой нержавеющая сталь	1,5–2,0 1,5–2,0 1,6–2,0
4	Диапазон плавного регулирования скорости подачи проволоки, м/мин	2–12
5	Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	5,0–6,0
6	Номинальный расход сжатого воздуха, м ³ /ч, до	90
7	Максимальная потребляемая мощность, кВт, до	11,5
8	Напряжение питания, В	380
9	Частота, Гц	50
10	Диапазон плавного регулирования рабочего напряжения, В	17–49
11	Рабочий ток дуги (во всем диапазоне регулирования скорости подачи проволоки и напряжения для заданных материалов), А	50–350
12	Габаритные размеры, мм, не более	840×320×1060
13	Масса комплекта, кг, не более	80
14	Уровень звука в зоне работы оператора, дБА, не более: на открытом воздухе при работе с шумопоглощающими средствами	117 85
15	Номинальный ток, А	250
16	Вольт-амперная характеристика	жесткая

Общие технические характеристики комплекта применяемого в автоматизированной линии напыления приведены в **таблице 3**.

Автоматизированная линия нанесения металлических покрытий методом электродугового напыления (**рис. 3**) представляет собой трёхсекционный рольганг с установленными на корпусах секций приводами с роликами, которые обеспечивают вращательно-поступательное перемещение корпусов насосов УЭЦН или труб вперёд или назад. Для ускоренного прямолинейного перемещения заготовок на секциях рольганга установлены механизмы вторичных роликов, поднимающие заготовки на 10...15 мм над основными роликами. Подъём механизмов вторичных роликов в секциях рольганга осуществляется пневмоприводами по команде с пульта управления.

При нанесении покрытий на заготовки на линии в автоматическом режиме выполняются следующие операции: подача заготовки в исходное положение, её вращение и подача в зоны обработки, дробеструйная обработка поверхности, нанесение покрытия, подача заготовки с нанесённым покрытием на участок складирования.

Участок дробеструйной обработки рольганга оснащён герметичной камерой (**рис. 4**), где непосредственно происходит обработка поверхности заготовки. С ней соединены посредством воздуховода установка аспирации воздуха, а также устройство забора и очистки от пыли и сора (рекуперация) дроби из зоны её накопления. Дробеструйная обработка является операцией, предшествующей нанесению металлического покрытия электродуговым способом. Она способствует удалению с поверхностей корпусов следов

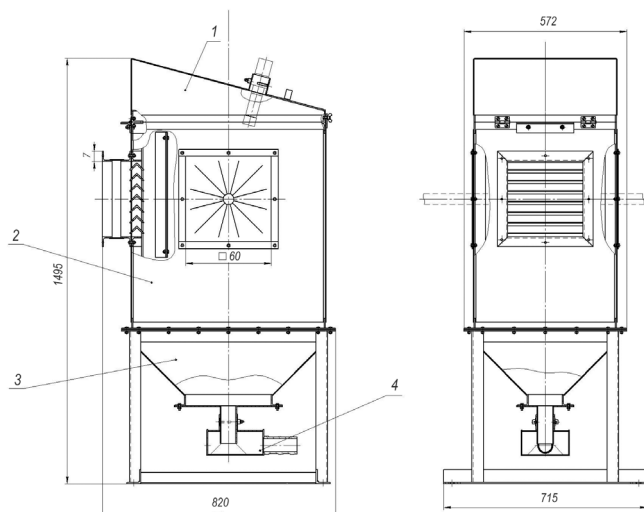


Рис. 4. Камера дробеструйной обработки заготовок

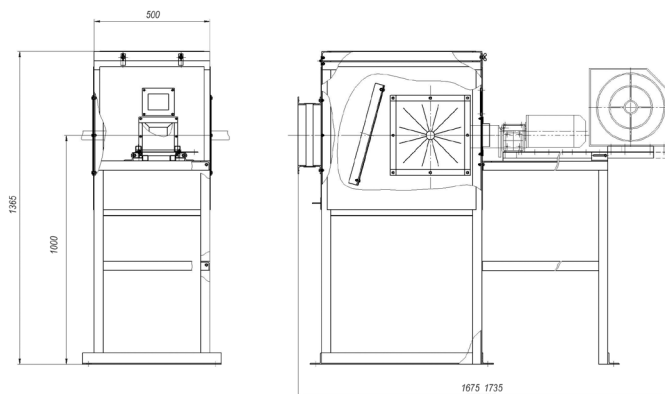


Рис. 5. Камера нанесения покрытий

Версия 2

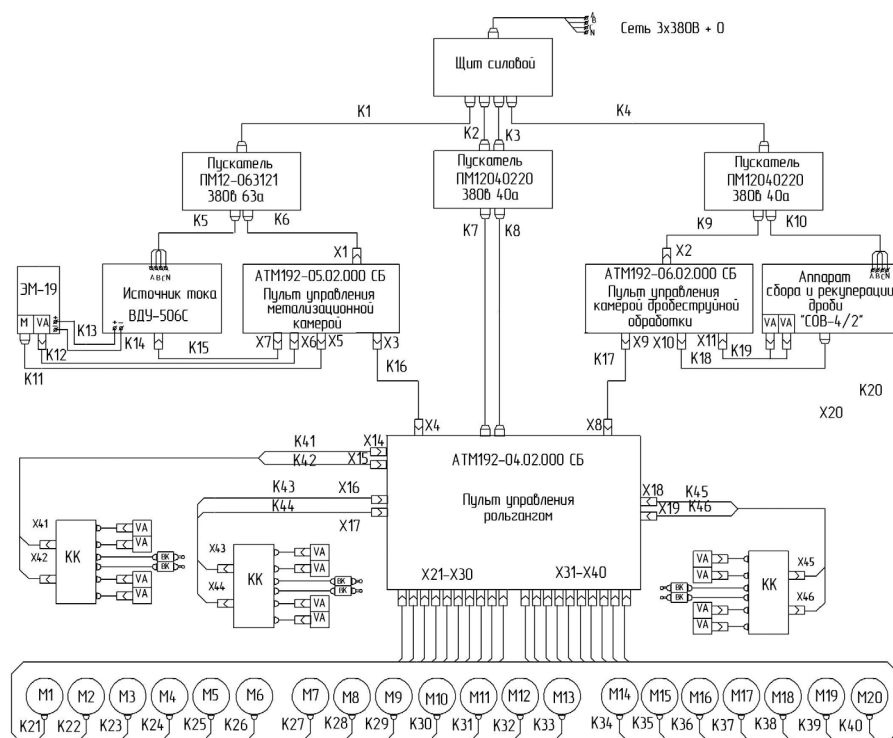


Рис. 6. Схема управления автоматизированной линией

ржавчины, жировых загрязнений и формированию рельефа поверхности металла, обеспечивающего наибольшую прочность сцепления покрытия с основой.

Участок нанесения покрытия рольганга также оснащён герметичной камерой (рис. 5), в которой производится нанесение покрытия на заготовку. Камера соединена посредством воздуховода с установкой аспирации воздуха, имеющей два пылесборника, расположенных под ней.



Рис. 7. Начало процесса нанесения покрытия из нержавеющей стали на корпус УЭЦН

Заготовка, на наружную поверхность которой наносят покрытие, совершает вращательно-поступательное движение. Из транспортной системы рольганга её подают в приёмное отверстие камеры. Уплотнение поверхности корпуса в отверстиях камеры осуществляют многослойными резиновыми лепестками. В камере металлизации предусмотрен фланец для присоединения трубопроводов вентиляции для удаления образующейся в процессе нанесения покрытия пыли. Внутри камеры за корпусом установлена пластина, на которую осаждаются частицы распылённого материала, не попавшие на поверхность корпуса. Они периодически удаляются механическим способом. В верхней части камеры имеется крышка для проведения работ внутри камеры. На передней стенке камеры расположено застекленное окно для визуального контроля процесса напыления.

В передней части камеры установлен электродуговой стационарный металлизатор ЭМ-19. Распыли-

тельная головка рабочего металлизатора находится внутри камеры. Питание дуги электрометаллизатора осуществляют от сварочного источника «Дуга-338», расположенного на минимальном удалении от камеры. Аппарат металлизации расположен на выдвигном кронштейне вместе с блоком подачи проволоки.

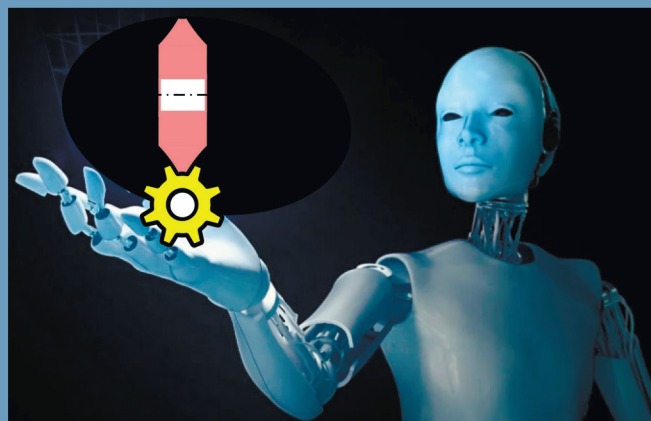
Автоматизированная линия управляется от пульта управления всеми участками рольганга (рис. 6), но при этом каждый участок рольганга имеет также свой пульт управления, необходимый для настройки режимов работы линии и доступа оператора в случае корректировки работы конкретного участка.

На рис. 7 показана автоматизированная линия в работе. Видно, что во время работы линии соблюдаются современные требования безопасности производств. Обеспечиваются надёжная защита от излучения от электрической дуги и необходимая очистка воздуха, позволяющая устанавливать аспирационные установки непосредственно в цехе.

В настоящей статье приведен пример, где ООО МЗ «Сталь» совместно с партнерскими организациями был реализован проект, который прошел этапы от разработки конструкции высокопроизводительной автоматизированной линии и технологии по нанесению металлических покрытий до изготовления и внедрения в реальное производство.

Аналогичное оборудование может быть востребовано на производствах для обработки металлоизделий, нанесения антикоррозионных покрытий или покрытий, обеспечивающих специальные свойства на поверхности изделий. Особенно оно актуально сейчас при активном развитии отечественных производств, связанных с металлообработкой, и уходе иностранных фирм, предлагающих эти технологии, из Российской Федерации в связи с санкциями.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗУБОШЛИФОВАНИЯ



Зубошлифование относится к проблемным технологическим процессам, в которых взаимосвязаны повышенные требования к производительности, точности и качеству обработки зубчатых колес различных типов с условиями его оптимальной реализации. Ключевая роль при этом принадлежит степени автоматизации процесса и участия в нем оператора. Анализ развития зарубежного зубошлифовального оборудования, инструмента и технологий подтвердит актуальность и уточнит правильность и обоснованность выбранных направлений импортозамещения в России.



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

Русский советский экономист Н.Д. Кондратьев в 20–30-е годы XX века разработал теорию циклов в развитии промышленности и общества в условиях рыночной экономики. Циклы могут быть короткими, среднесрочными и длинными. Их причина лежит в механизме накопления научно-технического задела, аккумуляции и рассеяния капитала, достаточных для создания новых элементов инфраструктуры.

За рубежом технологические этапы, приводящие к смене парадигм развития, называют промышленными революциями. Этап, начавшийся в 70-е годы прошлого столетия, называют третьей промышленной революцией или Индустрией 3.0 [1].

В этой концепции главным трендом в совершенствовании оборудования и технологических процессов зубошлифования, как и других видов механической обработки, являлась автоматизация. Автоматизация технологического процесса зубошлифования как системы заключалась в автоматическом управлении станком, автоматическом контроле и автоматическом регулировании процесса обработки, то есть фактически касалась физических объектов: станка, системы контроля, средств загрузки/выгрузки деталей, процесса обработки и др.

Критерием автоматизации зубошлифовального станка является степень, или уровень автоматизации. Желаемое значение критерия ориентировано на минимизацию каждого этапа создания готового зубчатого колеса, от проектирования до последующего изготовления.

Согласно DIN 19233 [2], степень автоматизации характеризует отношение доли автоматизированных функций к общему количеству всех функций в системе. Таким образом, степень автоматизации A_g — это отношение числа

автоматизированных частей A_a к общему числу рассматриваемых объектов системы A_G :

$$A_g = A_a / A_G \leq 100\%. \quad (1)$$

Чем больше физических объектов системы зубошлифовального станка механизировано или автоматизировано, тем выше степень автоматизации, и наоборот. При максимально возможном использовании независимо работающих объектов степень автоматизации составляет 100%. Согласно DIN 19233, система называется «полностью автоматизированной» только в том случае, если степень ее автоматизации составляет 100% [3].

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ В ИНДУСТРИИ 3.0 И 4.0

В качестве примера особенности Индустрии 3.0 возьмем зубошлифовальный станок с ЧПУ: хотя он в значительной степени автоматизирован, ему все еще требуется ввод данных от человека-контролера, т.е. процесс автоматизирован на основе ввода данных человеком-оператором, а не данными.

В настоящее время общество находится в переходном периоде к новой фазе производства, так называемой Индустрии 4.0, в которой технологический прогресс становится еще более очевидным и необходимым для станкостроения. В рамках Индустрии 4.0 тот же самый зубошлифовальный станок с ЧПУ может не только следовать заданным параметрам программирования, но и использовать данные для оптимизации производственных процессов.

В **таблице 1** с учетом работы [4] представлены для сравнения некоторые общие характеристики зубошлифовальных станков в хронологических рамках технологических концепций по объектам: станок, процесс обработки и система управления (СУ) станком.

В новой технологической парадигме вводятся такие понятия, как киберфизическая система, сочетающая в себе физические объекты производства, их цифровые двойники и возможность взаимной коммуникации в целях анализа, прогнозирования и управления. Видение будущего производства содержит модульные и эффективные производственные системы и характеризует сценарии, в которых продукты контролируют собственный производственный процесс.

Практически все ведущие европейские фирмы, производящие зубошлифовальное оборудование: Reishauer, Klingelberg group, Kapp-Niles, Liebherr, Samputensili и

Таблица 1

Объект	Индустрия 3.0 (начало – 70-е годы XX века)	Индустрия 4.0 (начало – XXI век)
Станок, процесс обработки	<p>Один станок — один метод зубошлифования.</p> <p>Применение на станках средств измерения.</p> <p>Оснащение станка загрузочными устройствами.</p> <p>Применение мотор-шпинделя.</p> <p>Применение сухого зубошлифования.</p>	<p>Один станок — несколько методов зубошлифования. Объединение в одном станке зубофрезерования и зубошлифования.</p> <p>Объединение в одном станке зубошлифования и зубохонингования или зубополирования.</p> <p>Модульное исполнение станка с набором опций.</p> <p>Размещение на одном инструментальном шпинделе двух шлифовальных кругов.</p> <p>Применение двух шпинделей изделия для совмещения основного и подготовительно-заключительного времени.</p> <p>Оснащение станков измерительными устройствами, включенными в КФС.</p> <p>Применение транспортных систем, роботов, систем хранения, обработки поддонов, интеграция роботов.</p> <p>Применение мотор-шпинделя с активной компенсацией тепловой погрешности.</p> <p>Применение устойчивого зубошлифования.</p>
Система управления (СУ)	<p>ЧПУ, многокоординатная обработка.</p> <p>Технологические режимы задаются программно.</p> <p>Многостаночное обслуживание.</p> <p>Прогнозирование износа шлифовального круга, обслуживание, предупреждающее поломки.</p> <p>Автоматическая смена шлифовального круга, программная коррекция на износ.</p>	<p>Применение киберфизической системы (КФС).</p> <p>Адаптивное распределение задач между оборудованием, в том числе с помощью искусственного интеллекта (ИИ).</p> <p>Управление технологическим процессом в реальном времени с помощью ИИ, оперирующего данными, получаемыми от множества датчиков, установленных на зубошлифовальном станке.</p> <p>Адаптивное изменение технологических режимов.</p> <p>Человек контролирует работу автоматики.</p> <p>Мониторинг состояния узлов станка в реальном времени, автоматизированный заказ комплектующих для ремонта.</p> <p>Мониторинг условий резания в реальном времени, автоматизированное принятие решений о замене изношенного инструмента.</p>

Gleason-Pfauter — имеют в своих производственных линиях станки, оснащённые кибертехнологическими системами.

Показанная на рис. 1 кибертехнологическая система, разработанная компанией Klingelnberg [5] для изготовления цилиндрических зубчатых колес, представляет собой цифровую основу всех этапов производства, в ней реализована горизонтальная интеграция всех видов оборудования и программных систем, задействованных в процессе, благодаря чему центральная база данных содержит цифровые изображения и определяющие геометрию технологические параметры для каждого этапа проектирования/производства.

Зубчатые колеса проектируются в соответствии с требуемыми критериями. Деталь, изготовленная на станке, измеряется на измерительной машине. По завершении измерения цифровой измерительный лист сохраняется на сервере, оттуда он передается на станок, имеющий соответствующую функцию считывания. Если совокупные отклонения высоки, ПО станка изменяет настройку или изделие бракуется. При измерении боковых сторон зубьев моделируются важные критерии работоспособности изделия в трансмиссии, например, жесткость, шум и вибрации под нагрузкой или рисунок боковой поверхности зуба. Затем результаты моделирования можно сравнить с результатами проектирования и провести

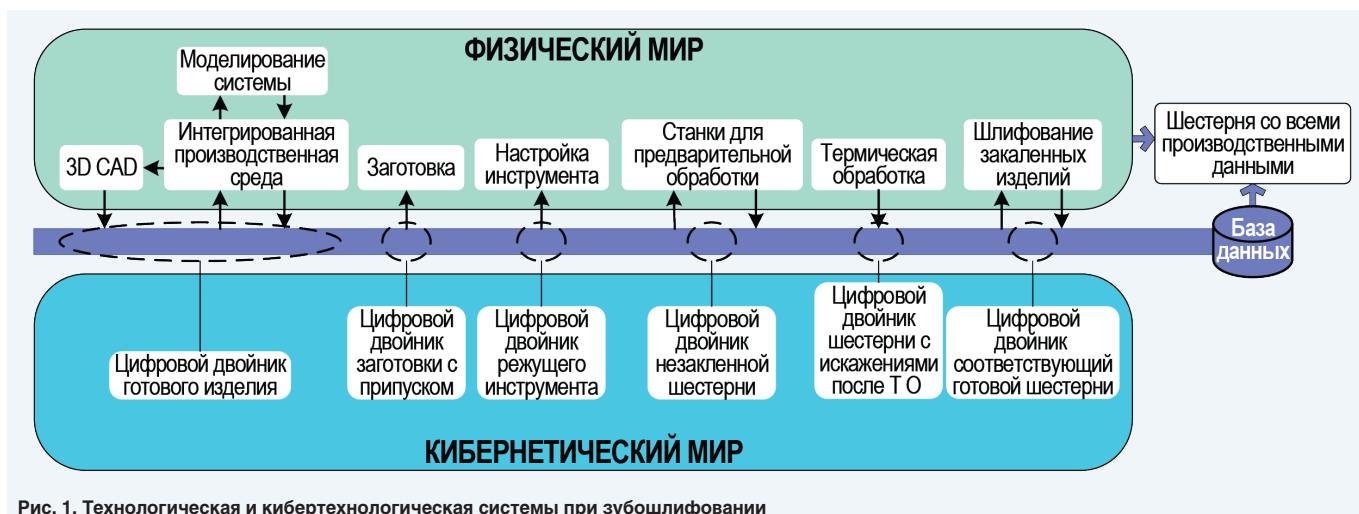


Рис. 1. Технологическая и кибертехнологическая системы при зубошлифовании

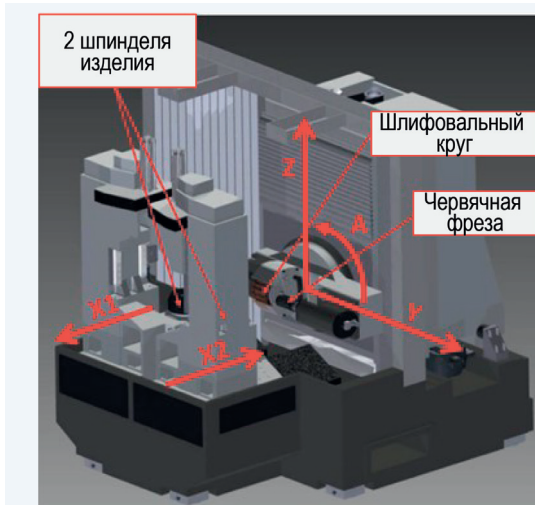


Рис. 2. Компонка станка SG 160



Рис. 3. Зона обработки станка SG 160

функциональную оценку производственных отклонений в системе.

Анализ трендов четвертой промышленной революции [6] показал, что внедрение элементов киберфизических систем в производство и постепенный переход к оборудованию, поддерживающему возможность интеграции в более высокоуровневые системы, «умные» производственные цепочки, являются базовыми принципами, без которых реализация самой концепции Индустрии 4.0 невозможна.

КОМБИНИРОВАННЫЕ, МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Использование комбинированных, многопозиционных и многоинструментальных зубошлифовальных станков определяется областью их применения и компоновочными решениями. Примером комбинированного станка может быть станок, показанный на рис. 2 и 3, для червячного зубофрезерования и последующего сухого зубошлифования — SG 160 Skygrind от Samputensili [7]. На рис. 2: X1 — отвод ползуна рабочего шпинделя; X2 — подача ползуна рабочего шпинделя; Y, Z, A — смена положения инструмента с позиции фрезерования на шлифование. Этот процесс устраняет необходимость в СОЖ во время шлифования зубчатого колеса после термической обработки. Примерно 90% припуска удаляется при первом проходе с помощью фрезы, а затем в процессе второго прохода шлифовальный круг удаляет оставшийся припуск, не вызывая проблем с перегревом заготовки, что приводит к полностью сухому процессу.

Конструкция с двумя шпинделями, приводимыми в действие линейными двигателями, обеспечивает время от стружки до стружки менее двух секунд. Таким образом, конструкция станка SG 160 обеспечивает продолжительность цикла чистовой обработки зубчатых колес в соответствии с требованиями автомобильной промышленности.

В станке SG 160 ось Y разделена на две направляющие втулки, каждая из которых несет инструментальные шпиндели. Оба рабочих шпинделя находятся в режиме полного контроля положения в любое время. По заявлению производителя, SG 160 Skygrind работает быстрее, чем традиционные шлифовальные станки с двумя столами, и отличается небольшой занимаемой площадью и меньшими затратами на вспомогательное оборудование. Но более важным является отсутствие необходимости в чистовых фрезах, что позволяет создать высокотехнологичный станок.

Компании, входящие в Klingelnberg group выпускают станки для обработки цилиндрических, конических зубчатых колес, а также зубоизмерительные центры. Последняя разработка, соответствующая требованиям Индустрии 4.0, представляет собой семейство зубошлифовальных станков фирмы Höfler VIPER 500, любой из которых может быть объединен на производственном участке в единую сеть с измерительной машиной P 40 [7]. Это позволяет значительно упростить производство зубчатых передач и одновременно повысить качество деталей.

На рис. 4 и 5 показаны варианты применения различных опций в зубошлифовальных станках семейства VIPER 500, предназначенных для обработки деталей диаметром до 500 мм. Станки оптимально подходят для обра-



Рис. 4. Методы зубошлифования на станках VIPER 500 и VIPER 500K



Рис. 5. Методы зубошлифования на станках VIPER 500W и VIPER 500KW



Рис. 6. Зубошлифовальный станок Reishauer с двумя шпинделями изделия

ботки небольших и средних партий. Для удовлетворения индивидуальных требований станки доступны в четырех различных конфигурациях: профильное шлифование, малые шлифовальные круги для нестандартных работ, многокруговая технология (К), а также непрерывное обкатное зубошлифование (W) или (KW).

Например, станок VIPER 500 K предоставляет возможность шлифовать несколько различных зубчатых колес за один постанок. На шпиндель инструмента можно установить несколько шлифовальных кругов. Это позволяет обрабатывать различные зубчатые колеса на валу за один зажим, точно ориентируя их друг к другу, без смены инструмента. Помимо высокой производительности станок обеспечивает значительное преимущество с точки зрения качества зубчатого зацепления. Этот принцип также может быть реализован с помощью неправящихся шлифовальных кругов из эльбора. При 17 000 об/мин высокая скорость вращения К-шпинделя обеспечивает скорость резания более 20 м/с даже на самом маленьком шлифовальном круге диаметром 25 мм.

Одной из первых компания Klingelberg разработала концепцию замкнутого контура (*closed loop*) для шлифования цилиндрических зубчатых колес, суть которой состоит в том, чтобы реализовать надежную и отказоустойчивую передачу отклонений зубчатых передач, определяемых с помощью измерительного центра, на производственное оборудование. Концепция замкнутого контура является

первым шагом к внедрению цифровой системы производства цилиндрических зубчатых колес.

Для обработки цилиндрических зубчатых колес с замкнутым контуром используется формат обмена данными о зубчатых колесах (GDE). Этот формат определен в немецком стандарте VDI/VDE 2610 и выбран для обеспечения возможности передачи результатов измерений на зубошлифовальные станки любого производителя. Стандарт позволяет передавать данные о зубчатых колесах от проектирования через производство до контроля и гарантии качества электронными средствами.

Компания Reishauer производит зубошлифовальные станки RZ 150 и RZ 160 в версии с двумя рабочими шпинделями для минимизации времени загрузки, как это представлено на рис. 6. При шлифовании зубчатых колес с ограниченными габаритами может оказаться выгодным использовать сменный профильно-шлифовальный шпиндель, позволяющий применять круг из CBN на металлической связке.

Reishauer продолжает совершенствовать технологию зубошлифования, применяя последовательно расположенные на одной оси шлифовальный и полировальный инструменты, вводит обработку незвольвентных зубчатых колес, асимметричных профилей, конических зубчатых колес, шлифование с контролем крутящего момента, что позволяет преднамеренно изменять форму контакта зубьев шестерни, внедряет шлифование со скоростью 100 м/с, сокращая время обработки и риск образования прижогов.

Однако совершенствование компоновок зубошлифовального оборудования продолжается, так, в статье [8] предложено компоновочное решение для многофункционального шлифовального обрабатывающего центра (рис. 7, 8, 9) для изготовления прямых и косых зубьев внешнего и внутреннего зацеплений с эвольвентным и свободным профилем.

Остановимся на конкретных воплощениях принципов Индустрии 4.0 в прецизионных зубообрабатывающих станках ведущих европейских фирм.

ФИРМЫ REISHAUER, KAPP-NILES, GLEASON, KLINGELNBERG

Компания Reishauer специализируется на выпуске зубошлифовальных станков для автоиндустрии. Применительно к своим станкам фирма разработала систему

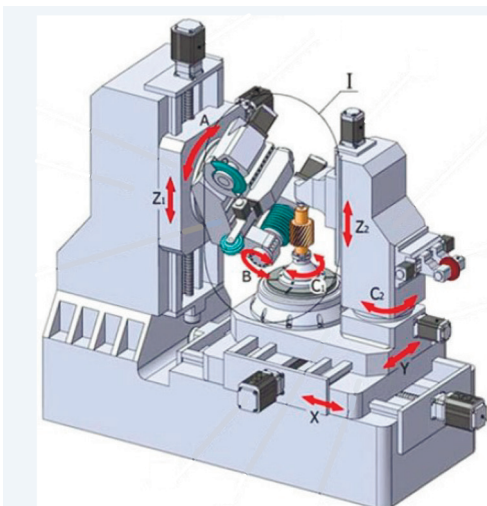


Рис. 7. 10-осевой зубошлифовальный центр

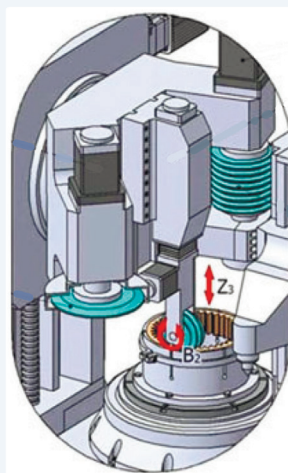


Рис. 8. Зона обработки зубошлифовального центра

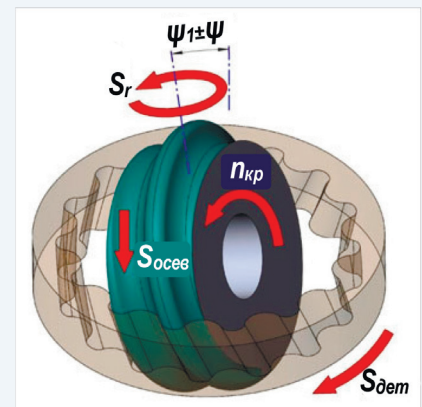


Рис. 9. Схема изготовления внутреннего свободного профиля колеса с винтовыми зубьями глобидным червячным кругом

мониторинга процессов и компонентов **ARGUS** на основе искусственного интеллекта (ИИ) [9]. Компонентом в станке может быть любое устройство, деталь, комплектующее, где установлены соответствующие датчики. Для эффективного использования системы требуется выполнение нескольких предварительных условий:

- Необходим большой объем тщательно подобранных данных, на основе которых становится возможным вывести физические закономерности и разрабатывать алгоритмы. Большое количество сигналов полезно только в том случае, если его можно интерпретировать. Крайне важно интерпретировать данные до того, как может возникнуть какое-либо критическое состояние процесса.

- Необходимы эксперты и профессионалы из зубообрабатывающей промышленности, которые могут программировать алгоритмы, необходимые для ИИ. Надо помнить, что ИИ — это прежде всего технология принятия решений.

Система ARGUS [9], построенная на нейронной сети постоянно самообучается, она совершенствует анализы и алгоритмы. В мониторинге компонентов важны скорость и точность принятия решений, а ИИ работает молниеносно. Например, специалисты могут предсказать потенциальную проблему NVH (мешающий шум передачи) по сигналам, предотвращая установку неисправных деталей в готовую коробку передач.

Reishauer постоянно расширяет свою базу знаний. Сегодня, по утверждению специалистов компании, она насчитывает данные около 20 миллионов циклов шлифования, при этом ежемесячный прирост составляет от 500 000 до 800 000 циклов. В настоящее время важно отметить, что эти данные анонимны и не привязаны к какому-либо конкретному клиенту.

При возникновении критического состояния станка, процесса квалифицированный сервисный инженер направляется к заказчику, чтобы оценить ситуацию. Таким образом, ARGUS позволяет анализировать ситуацию с помощью домашней базы Reishauer, и система постоянно оценивает и выявляет тенденции отклонений. В случае обнаружения ошибок и вызова сервисного инженера он прибывает подготовленным, с необходимыми запасными частями и планом действий.

Станок можно проверять так часто, как требуется, без привлечения персонала, без прерывания производственного цикла, обеспечивая профилактическое обслуживание

и экономя затраты пользователя. Простой станка минимальны, и можно планировать сервисное обслуживание.

Другим важным аспектом системы ARGUS является мониторинг технологического процесса (рис. 10), позволяющий приблизиться к производству без дефектов. Все детали, которые снимаются с зубошлифовального станка, проходят индивидуальную оценку и автоматически удаляются, если они не соответствуют техническим требованиям. В последних версиях станков Reishauer реализована технология замкнутого цикла в сотрудничестве с производителем измерительных машин Mahr.

По мнению сотрудников фирмы Reishauer, система ARGUS делает процесс зубошлифования прозрачным, менее стохастическим и поддающимся анализу. Его применение ведет к бездефектному производству и обеспечивает 100% отслеживаемость деталей.

Развиваясь в направлении диверсификации производства, Reishauer построил в 2008 г. большой современный автоматизированный завод по производству шлифовальных кругов, который находится в Швейцарии, а в 2012 году создал производственную площадку для выпуска средств крепления обрабатываемых заготовок — высокоточных оправок.

В отличие от других производителей кругов, фирма имеет дело только с несколькими размерами кругов и только с одной областью их применения, что сделало возможной глубокую степень автоматизации, использование робототехники, а это, в свою очередь, обеспечивает высокую стабильность готовой продукции [9]. Известно, что качество зубошлифования в большой степени зависит от однородности абразивных кругов от партии к партии. После прессования каждый шлифовальный круг, как только он выходит из пресс-формы, маркируется лазером. Эта лазерная маркировка **рис. 11** представляет собой машинночитаемое «свидетельство о рождении».

Эта маркировка позволяет полностью контролировать каждый последующий этап обработки и позволяет отслеживать каждый круг, обеспечивая стабильную производительность инструмента, необходимую конечным пользователям.

В отличие от традиционных операций одностороннего прессования, круги Reishauer изготавливаются на прессах и формах, которые позволяют осуществлять прессование сверху и снизу при одновременном движении вниз и вверх (рис. 12). Этот процесс гарантирует, что результирующий



Рис. 10. Элементы и преимущества системы мониторинга технологического процесса

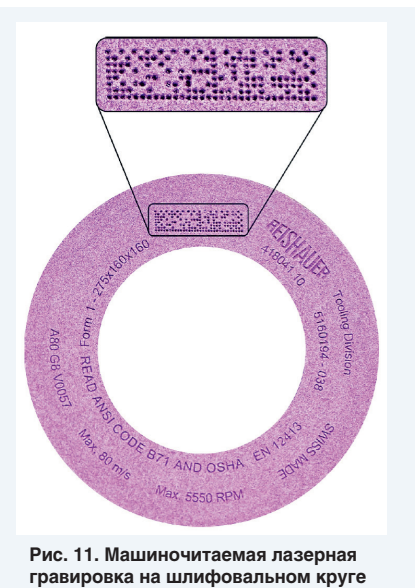


Рис. 11. Машинночитаемая лазерная гравировка на шлифовальном круге

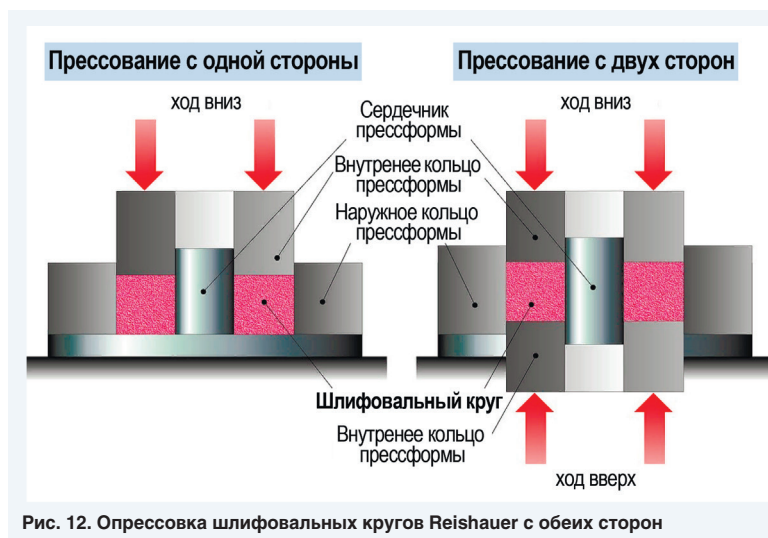


Рис. 12. Опрессовка шлифовальных кругов Reishauer с обеих сторон



Рис. 14. Технологическая оправка с RFID-меткой для закрепления обрабатываемого зубчатого колеса

перепад твердости по всей ширине круга будет минимальным.

Конкретным примером может служить загрузка печной тележки. Шлифовальные круги на керамической связке обжигаются в течение нескольких дней при температуре чуть ниже 1000°C по тщательно установленной температурной кривой с определенным градиентом температуры, выдержки и охлаждения. Перед обжигом в печи робот помещает каждый шлифовальный круг в определенное положение на тележке печи. Робот считывает и записывает положение каждого круга, которое можно отследить, если потребуются в будущем [9].

Знание положения каждого круга во время процесса обжига в печи и последующее измерение твердости (модуля упругости) каждого круга позволяет рассчитать условия обжига таким образом, чтобы все круги имели одинаковую результирующую твердость.

Правка абразивного инструмента алмазным роликом придает червячному кругу заданный профиль и обеспечивает требуемую режущую способность. Только алмазные правящие ролики (АПР) соответствуют высоким требованиям к геометрии, сроку службы и эффективности процесса правки. На рис. 13 показан многозаходный АПР, полученный методом гальванопластики. Этот ролик оснащен RFID-чипом, который может взаимодействовать со станком.

RFID (*Radio-frequency identification*) в переводе с английского означает радиочастотную идентификацию, иными словами, это способ опознавания объектов, при котором радиосигналы записывают или считывают информацию, хранящуюся на RFID-метках, еще их называют транспондерами.

RFID-чип, встроенный в АПР, служит, в частности, для получения и использования данных о применении правящего инструмента. В чипе содержатся все геометрические данные ролика, количество потенциально оставшихся циклов правки, что может быть считано и учтено ПО станка и потребителем, который знает, когда необходимо заказывать новую оснастку. Таким образом, исключаются ошибки ввода данных. Кроме того, пользователь может выбрать дополнительные опции, такие как подключение к внутренним и внешним базам данных алмазного ролика.

Прецизионные результаты зубошлифования зависят от стабильности крепления заготовки, неизменности усилия закрепления от заготовки к заготовке. Исследования показали, повторяемость базирования ≤ 3 мкм может обеспе-

чить только гидравлическое расширение. Чтобы сохранить контроль над всем процессом зубошлифования, компания Reishauer приняла решение о собственном изготовлении технологической оснастки. Зажимные приспособления изготавливаются индивидуально для конкретных деталей. Гидравлические расширительные оправки могут быть соединены с быстросменными основаниями, если требуется частая замена деталей. Эта система сокращает время наладки и повышает производительность, обеспечивая экономичное использование зубошлифовального станка с непрерывным обкатом для мелко- или крупносерийного производства.

Зажимные оправки также могут оснащаться RFID-чипами (рис. 14), и в результате система «станок – оправка – шлифовальный круг – инструмент для правки» обеспечивает процесс шлифования, адаптированный к высоким требованиям качества с высокой точностью и коротким временем цикла. Опция RFID позволяет отслеживать количество операций закрепления, контролировать максимальное и минимальное давление зажима, а также проводить профилактическое обслуживание в потребные сроки. Кроме того, для известной детали данные о ней, хранящиеся в зажимной оправке, могут через СУ помочь узлам станка автоматически перемещаться в заданные установочные положения.

Таким образом, круг компетенций Reishauer в настоящее время охватывает станки, устройства автоматизации, шлифовальные круги, алмазные инструменты для правки, средства крепления, функции поддержки технологий шлифования, оборудование для мониторинга процессов и цифровые продукты, такие как ARGUS.

Компания KAPP-NILES [10] разработала собственную платформу под названием KN-помощник (*KN-assist*), которая помимо прочих функций содержит систему управления данными о ключевых компонентах, таковыми являются: шлифовальные круги, алмазные правящие ролики, оправки, стойки для зажима изделий, сопла и насадки подачи СОЖ (рис. 15). В рамках этой платформы KAPP-NILES предлагает концепции станков с оптимизированным временем наладки, а интеллектуальные компоненты станка предоставляют все входные данные, относящиеся к процессу и станку, в интегрированное хранилище данных RFID.

Система расширяет возможности каждого рабочего места цифровыми функциями для управления ключевыми компонентами.

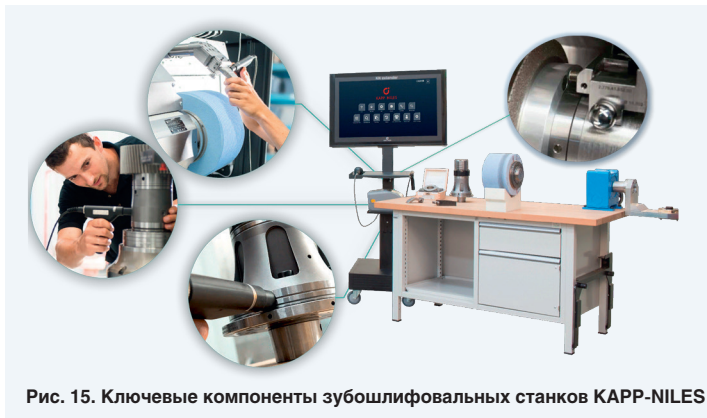


Рис. 15. Ключевые компоненты зубошлифовальных станков KAPP-NILES



Рис. 16. Загрузчик станка KX TWIN компании KAPP-NILES

Развиваются встроенные измерительные технологии, так, на станках компании Gleason [11] полностью интегрирована встроенная проверка зубчатых колес как с внутренним, так и наружным зубом, что значительно экономит время, необходимое после завершения шлифования для оценки характеристик зубчатых колес, — процесс, который может занять несколько часов при доставке тяжелых деталей в отдел контроля качества.

На выставке «МРТ 2019» в Детройте компания Gleason впервые представила новую установку Hard Finishing Cell (HFC) с интегрированным стопроцентным контролем всех зубчатых колес в процессе обработки. Впервые HFC сочетает в себе новейшую технологию шлифования шестерен червячными кругами и новую систему контроля GRSL с лазерным сканированием в единой системе, что позволяет окончательно решить проблему выборочного контроля при традиционном производстве зубчатых колес.

Компания Klingelnberg [12] в последнее время значительно усовершенствовала систему оптической метрологии зубчатых колес и внедрила новую технологию датчиков белого света, которая идеально подходит для измерений в субмикрометровом диапазоне. Это позволяет заменить тактильное измерение шага оптическим измерением, что до 40% сокращает время измерения в приложениях последовательных измерений.

По сравнению с лазерным датчиком датчик белого света имеет существенно более компактную конструкцию. Кроме того, в отличие от лазерного датчика, этот датчик работает одинаково во всех направлениях благодаря коаксиальному свету, направленному на поверхность детали и обратно.

В качестве примера автоматической загрузки можно привести станки серии KX TWIN компании KAPP-NILES (рис. 16), которые были разработаны для непрерывного шлифования кругами на керамической связке и инструментами из CBN на гальванической связке. Они предназначены для больших объемов производства при средне- и крупносерийном производстве зубчатых колес и валов.

Концепция включает в себя два идентичных шпинделя для обработки деталей, расположенных на противоположных сторонах поворотного стола. Во время обработки одной детали второй шпиндельный узел с заготовкой одновременно загружает/выгружает и ориентирует ее.

Станки оптимизированы для автоматической загрузки с помощью стандартизированной экономичной комбинации палетного конвейера и загрузчика. С помощью дополнительного высокоскоростного шлифовального шпинделя можно шлифовать зубчатые колеса, для которых требуется диаметр инструмента 55 мм (непрерывное обкатное шлифование) или 20 мм (профильное шлифование).

В области создания современных зубошлифовальных станков укрупненно прослеживаются две принципиальные тенденции. Первая связана с повышением гибкости оборудования, так, многие модели станков позволяют реализовать несколько способов зубошлифования, используя профильный круг и червячный абразив, что позволяет с наибольшей эффективностью обрабатывать зубчатые колеса с геометрическими параметрами (m , d и z), которые невозможно отшлифовать на станках, работающих только профильным или только червячным кругом, и о такой возможности в 70-е годы прошлого века можно было только мечтать. Вторая — это диверсификация производства поставщиков, т. е. производство транспортных, загрузочных устройств, шлифовальных и правящих инструментов, измерительных центров, технологической оснастки, оборудования для мониторинга процессов и цифровые продукты. Компании, обладающие полным портфолио, имеют конкурентные преимущества, т. к. в этом случае есть глубокое понимание и контроль всего процесса обработки зубчатых колес, что позволяет потребителям получать высококачественные станочную, измерительную и транспортную системы, расходный инструмент и ПО «из одних рук».

Расширение, совершенствование знаний и реализация их в практику зубошлифования предоставляет возможность предприятиям работать в Индустрии 4.0. Использование компаниями высоких уровней автоматизации производства и информационной интеграции обеспечит скорейший переход к новой общественно-экономической формации благодаря создаваемой более высокой производительности труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yin Y., Stecke K.E., Li D. The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0 // International Journal of Production Research. 2018. Т. 56. № 1–2. С. 848–861.
2. DIN 19233-1972. Automaten und Automatisierung. Begriffe und Definitionen.
3. Handrich W. Flexible, flurfreie Materialflusstechnik für dynamische Produktionsstrukturen.— Herbert Utz Verlag, 2002.
4. Ермолаев В.К. Точность, классификация и стоимость зубошлифования. // РИТМ машиностроения. 2018. № 8. С. 14–21.
5. Closed Loop Machining of Cylindrical Gears. M. Brumm. // Gear solutions. January 2018. P. 47–49.
6. Кутин А.А., Ключев М.Б., Асаев А.С., Аверин Н.В., Кравченко Н.Ю. Ключевые тенденции развития мирового станкостроения // Вестник машиностроения. 2023. Т. 102. № 7. С. 606-613.
7. Gear Grinding Today. A. Cannella. // Gear technology. June 2017. P. 22–26.
8. Skibinsky O.I., Hnatiuk A.O. A Novel Design of Cutting Tool for Efficient Finishing of G-Rotors //Advances in Gear Theory and Gear Cutting Tool Design. Cham: Springer International Publishing, 2022. С. 181–203.
9. <https://www.reishauer.com/>
10. <https://www.kapp-niles.com/>
11. <https://www.gleason.com/>
12. <https://klingelnberg.com/>

ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ на 2024 год



РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на журнал «РИТМ машиностроения» с любого месяца. Стоимость одного номера — 750 рублей, стоимость годовой подписки (7 номеров) — 5250 рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: ritm@gardesmesh.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 — 750 рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — 3000 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@gardesmesh.com, www.ritm-magazine.ru

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

