

**Ключевые слова:**

специализированные станки, оборудование, машиностроение, детали, проектирование, технологическая подготовка производства

Keywords:

specialized tools, equipment, machinery, parts, design, technological production planning

СПЕЦИАЛЬНЫЕ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СТАНКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ И МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Сергей ВАСИЛЬЕВ, Вячеслав ЮДИН

В предлагаемой читательскому вниманию статье представлен опыт Владимирского станкостроительного завода «Техника» по разработке и созданию специализированных станков для обработки отдельных деталей и групп деталей.

The article presents to the readers' attention the experience of Vladimir Machine-Tool Plant «Technika» on the design and creation of specialized machines for the processing of individual and group parts.

Специальные и специализированные станки (далее — Спецстанки) как вид оборудования, предназначенный для обработки отдельных деталей или групп деталей, известны давно и достаточно подробно освещены в литературе, посвященной металлообработке.

Однако так ли широко, как могли бы, они используются в практике машиностроительных предприятий? Полностью ли востребованы производством те преимущества, которые предоставляет этот вид оборудования?

Представляется, что ответы на эти вопросы не так однозначны, как кажется на первый взгляд.

Для начала имеет смысл сформулировать понятие — что же такое специальные и специализированные станки и в чем их характерное отличие от станков универсальных.

Не вдаваясь в научные термины, можно принять, что специальные станки — это вид оборудования, созданный, как правило, для изготовления детали одного вида. В таком случае основное достоинство станков — высокая производительность, а основной недостаток — их трудно переналадить на другие детали.

В свою очередь, универсальные станки изготавливаются, как правило, для широкого диапазона

деталей, в основном с учетом их (деталей) габаритов, применительно к типам станков. При производстве универсальных станков изготовитель не особенно интересуется, какие конкретные детали собирается потребитель обрабатывать на этих станках, и, следовательно, в этом случае производство станков опережает обсуждение по их применению.

Между этими двумя категориями расположена группа специализированных станков, которые с одной стороны, изготавливаются с учетом потребности в обработке определенных деталей (или групп деталей) и учитывают характерные особенности этих деталей (конструктивные, технологические, материаловедческие и т.п.), а с другой — обладают определенными возможностями переналадки, то есть некоторой производственно-технологической гибкостью. Более строго сформулировать в общем виде, что такое специализированные станки, достаточно затруднительно. Однако некоторый опыт, накопившийся на Владимирском станкостроительном заводе «Техника» (далее — ВСЗ «Техника») по созданию спецстанков самого широкого профиля, позволяет подойти к обсуждению этого вопроса с практической точки зрения, что дает возможность понять, в каких случаях возможно (или

необходимо!) использовать специальное или специализированное оборудование с достаточной долей объективности. Возможно, этот опыт поможет технологическим службам предприятий в их практической работе и в первую очередь на этапе определения способов и методов решения конкретных технологических задач.

В каких же случаях использование специальных и специализированных станков целесообразно?

Таких ситуаций в практике машиностроительных предприятий множество, но сгруппировав их, можно сформулировать для нашего анализа не менее восьми групп характерных технологических проблем, при решении которых стоит использовать возможности специального и специализированного оборудования.

1. Наличие хорошей серийности по изготовлению отдельных деталей (массовое или крупносерийное производство)

В этом случае, безусловно, имеет смысл обратиться к возможности использования специальных станков. Часто применяются в таких ситуациях агрегатные станки.

Конечно, создание специальных агрегатных станков потребует некоторого времени на их создание, а от технологических служб машиностроительных предприятий некой предварительной работы по формулированию технического

задания на станок и согласования его с изготовителем. Однако это не самые большие трудности. Например, на Владимирском станкостроительном заводе «Техника» благодаря большому опыту по созданию агрегатных станков и наличию собственного конструкторского бюро, процесс согласования ТЗ и проектирования станка занимает достаточно короткий промежуток времени. Кроме того, и производственный цикл по созданию станка можно серьезно сократить.

В частности, специальный агрегатный станок СФС-02 для обработки корпуса автосцепки за один установ (рис. 1), оснащенный тремя фрезерными головками, был создан за полгода, а агрегатный станок АРС-4 (рис. 2) для обработки одновременно двух корпусов с четырьмя расточными головками — за семь месяцев.

Следует отметить, что во время согласования ТЗ конструкторы завода-изготовителя станка часто предлагают технические решения, улучшающие характеристики и повышающие производительность оборудования. Так, при согласовании ТЗ на агрегатный станок АРС-2/2000, предназначенный для одновременной двусторонней расточки подшипниковых посадок транспортных роликов (рис. 3), был внесен ряд предложений, которые серьезно улучшили характеристики станка (оснащение более жесткими расточными головками, приспособлением с регулируемым усилием зажима, преобразователем линейных перемещений для точного установочного перемещения при переналадке на другую длину детали, дополнительной оснасткой и т.п.).



Рис. 1. Агрегатный станок с УЧПУ модели СФС-02

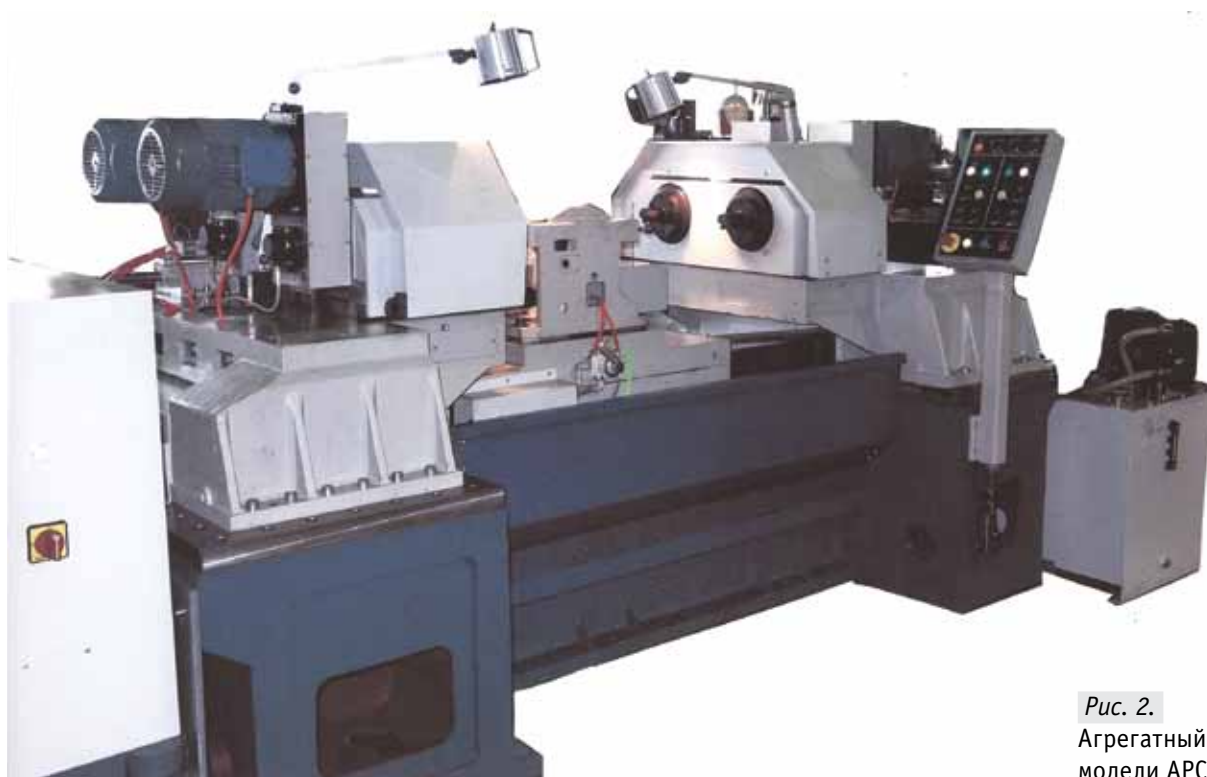


Рис. 2.
Агрегатный станок
модели APC-4

Конечно, подобное оборудование по производительности значительно превосходит универсальные станки, но при этом нельзя не отметить, что их стоимость и трудная переналаживаемость иногда останавливают потребителей, когда они определяются, на каком оборудовании стоит остановиться. По этому поводу надо заметить, что например на ВСЗ «Техника», благодаря имеющемуся опыту по проектированию и изготовлению

самых разных станков (шлифовальных, фрезерных, токарных) и имеющимся наработкам по базовым узлам станков, имеется возможность серьезно снизить стоимость специального оборудования по сравнению с другими производителями.

Также опасения по поводу возможной недогрузки агрегатных станков (если заказы на базовые детали упадут), конечно, имеют под собой основания, но степень трагедийности такой ситуа-

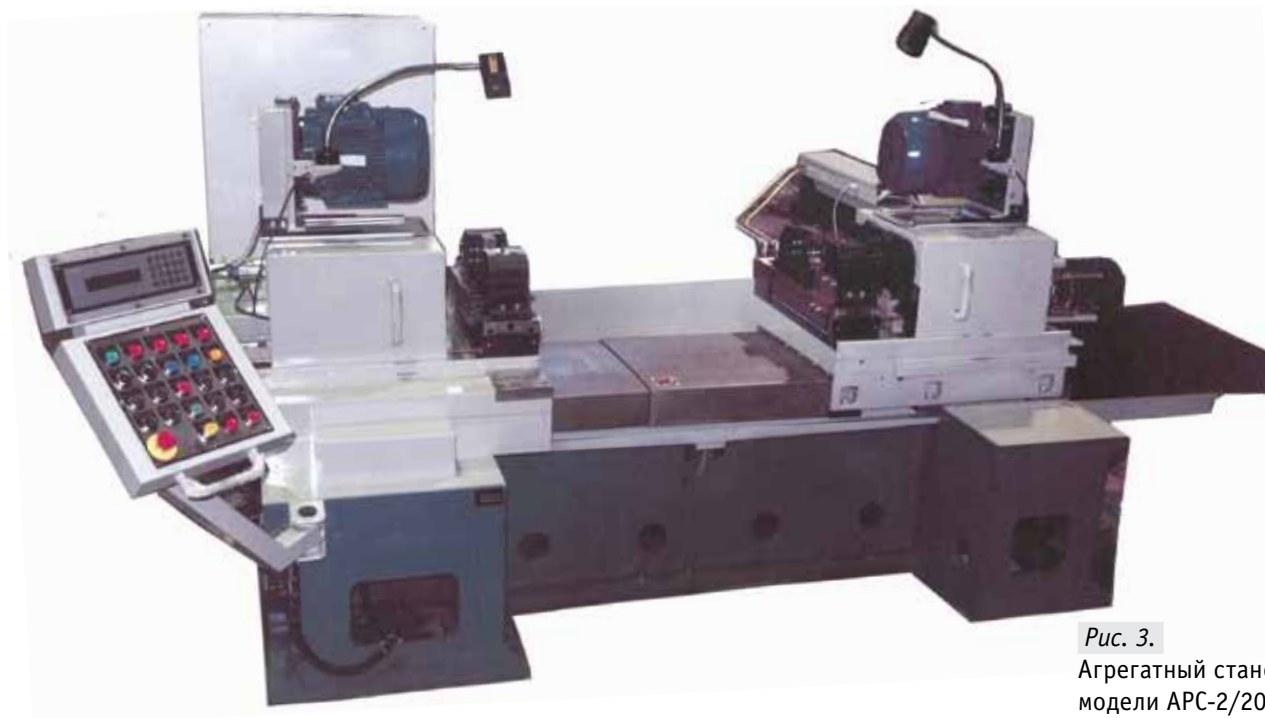


Рис. 3.
Агрегатный станок
модели APC-2/2000



Рис. 4. Станок специальный для шлифовки колец подшипников модели SIW-3

ции несколько преувеличена. И если ранее считалось, что в этом случае станок можно выбрасывать, то сейчас в наше время информационной революции и возможностях Интернета найти работу даже для специального станка вполне реально.

В частности, на ВСЗ «Техника» длительное время изготавливались специальные высокоточные станки для шлифовки колец подшипников SIW-3 (рис. 4).

Но случилось так, что один из подшипниковых заводов, попав в тяжелую экономическую ситуацию, отказался от оплаты уже изготовленного станка. Однако довольно быстро удалось найти заказчика на это оборудование. На одном предприятии требовалось обеспечить обработку больших партий деталей (казалось бы кардинально отличающихся от колец подшипников) типа «Втулка» с шлифованием отверстий небольшого диаметра и большой длины ($\varnothing 3,5$ мм на длине 27 мм). При некоторой доработке на упомянутом SIW-3 удалось обработать эту деталь, обеспечив требуемую точность и производительность. При этом, правда,

пришлось серьезно поработать над технологией обработки (было использовано шлифование с использованием электрического тока — электрохимическое шлифование), однако основа станка осталась неизменной.

Так что для хорошего станка всегда найдется работа.

2. Качество обработки

Серьезным основанием для использования специализированного оборудования являются повышенные требования по качеству обработки деталей (точность размеров, формы, шероховатость, постоянство размеров в партии).

На ВСЗ «Техника» постоянно приходится решать вопросы по поставке оборудования для обработки деталей с высокой точностью, это, пожалуй, единственное в России предприятие, изготавливающее станки класса С-мастер-станки (по ГОСТ 8-82).

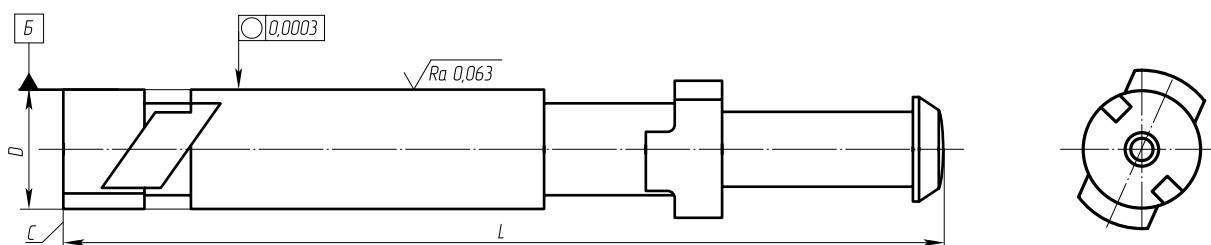
В частности, при выполнении заказа по созданию оборудования для обработки плунжерных пар потребовались точность и шероховатость по классу С — круглость 0,4 мкм, шероховатость Ra0,04 (12-й класс по ГОСТ 2789-73), а в отдельных случаях несколько выше (рис. 5).

Был изготовлен станок КШ-400.2 (рис. 6), удовлетворяющий требованиям заказчика. В настоящее время эксплуатируется более 40 мастер-станков этого типоразмера, которые подтвердили высокую технологическую и эксплуатационную надежность, сохранение его выходных параметров в течение всего срока эксплуатации.

3. Повышенная функциональность

Также очень часто для обработки некоторых сложных деталей требуется повышенная функциональность станка, когда за один установ необходимо использовать разные виды обработки с несколькими шпинделями.

В качестве примера можно вспомнить ситуацию, когда на ВСЗ «Техника» был разработан и сдан в эксплуатацию внутришлифовальный станок с УЧПУ с функцией наружного шлифования



1. Заготовка азотирована $h0,2..0,5$ мм 820..1000HV.
2. Допуск конусообразности поверхности Б при наименьшем диаметре со стороны торца 0,0004 мм.
3. Допуск прямолинейности образующей поверхности Б 0,0003 мм, кроме участков длиной 1 мм от краев и канавок.

Рис. 5. Операционный эскиз типового плунжера



Рис. 8. Многошпиндельный станок модели ВШ

прошлого века. Происходило это потому, что форма такой детали нетехнологична (рис. 9). Поэтому обработка проводилась в основном вручную и ни о какой производительности говорить не приходилось.

Взявшись за решение задачи автоматизации производства, конструкторы и технологи ВСЗ «Техника» разработали технологию и спроектировали шестикоординатный специальный станок с ЧПУ модели СФС-02 (рис. 1), который и был изготовлен на предприятии в количестве более 30 штук.

Конструкция станка позволяет обработать за один установ различные поверхности со взаимной привязкой между собой, указанные на рис. 9.

Небольшая модернизация станка по желанию заказчика позволила производить обработку зева и отверстие валика подъемника более мощного «Корпуса автосцепки СА-3М» для восьмиосных вагонов.

Трудоемкость обработки снизилась в разы, производительность увеличилась, и в настоящее время

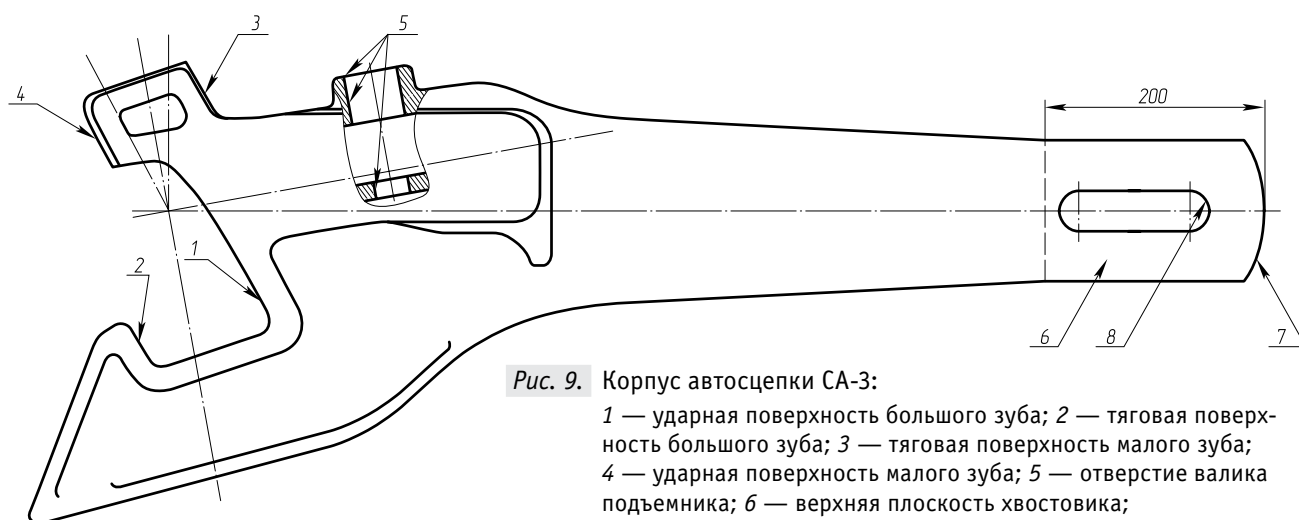


Рис. 9. Корпус автосцепки СА-3:

- 1 — ударная поверхность большого зуба; 2 — тяговая поверхность большого зуба; 3 — тяговая поверхность малого зуба; 4 — ударная поверхность малого зуба; 5 — отверстие валика подъемника; 6 — верхняя плоскость хвостовика; 7 — отверстие клина тягового хомута; 8 — торец хвостовика

мя это оборудование успешно работает в разных регионах страны.

5. Необычные материалы

Одна из первоочередных причин использования специализированных станков — проблемы с освоением обработки необычных (по сравнению с широкоприменяемыми сталями и сплавами) материалов.

Широкий спектр пожеланий предприятий по обработке оптического стекла привел к созданию специализированного оборудования по обработке деталей из ситаллов. Станки данной серии предназначены для работы алмазным инструментом, имеют до четырех управляемых координат, подачу СОЖ через шпиндель, тонкую систему очистки СОЖ от неметаллических включений шлама обработки на базе центрифуги.

Развитием данной тематики стал проект нового пятикоординатного центра модели ФС-300-5 с тремя линейными и двумя круговыми координатами для выполнения в деталях из ситаллов миниатюрных отверстий, пазов, карманов, обработки поверхностей произвольной формы с характеристиками, аналогичными станку Ultrasonic 20 ф. DMG MORI (Германия).

В настоящее время в планах предприятия — создание оборудования для оцилиндровки и резки заготовок из ситаллов, а также других специализированных станков для предприятий оптической промышленности.

Особое место в данной нише занимают станки для обработки

уплотнительных колец из карбида кремния. Стоит отметить, что конструкторский отдел совместно с представителем заказчика в течение трех лет проводил предварительные проектные и опытные работы на серийно выпускаемых станках по обработке деталей из карбида кремния алмазными кругами разных производителей. Параллельно заказчик вел переговоры с представителями фирмы «ANCA» (Австралия). И только после этого, убедив заказчика в способностях и возможностях ВСЗ «Техника», был подписан договор и изготовлено три станка (рис. 10), получившие уникальную оснащенность, вобравшие в себя все лучшее, имеющееся на аналогичных станках «ANCA» и «WALTER». И таких примеров множество. Проще сказать, с какими материалами не приходилось работать на ВСЗ «Техника». И, конечно, решение подобных проблем лежит в области создания специализированных станков.

6. Особые конструктивные характеристики деталей

Иногда предприятиям приходится сталкиваться с обработкой деталей, имеющих особые конструктивные характеристики, причем их специфичность зачастую относится не только к конкретному предприятию, которое впервые столкнулось с такими сложными деталями, но и с тем, что подобные детали не приходилось обрабатывать вообще, или очень ограниченному количеству предприятий в мире.

Например, одному из заводов необходимо было обеспечить окончательную обработку (обточку, расточку, а также отрезку) тонкостенных труб из алюминиевых сплавов большой длины с толщиной



Рис. 10. Станок для обработки колец из карбида кремния

стенки $0,6_{-0,035}$ мм и неравномерностью ее толщины не более 0,007 мм. ВСЗ «Техника» были изготовлены токарные специальные станки с командоконтроллером. Обработка проводилась одновременно наружным и внутренним резцами при проходе заготовки через вращающийся люнет с небольшим натягом. Резцы располагались напротив друг друга в непосредственной близости от кольца люнета. При этом удалось достичь хороших показателей по шероховатости наружной обработанной поверхности трубы.

В продолжение данной тематики был изготовлен станок, который имеет дополнительную координату регулировки положения наружного резца, что позволяет производить изделия со стенкой переменной толщины.

Так что с уверенностью можно сказать, что при особых конструктивных характеристиках деталей использование специализированных станков также целесообразно, а попытки технологов обеспечить обработку таких деталей, используя универсальные станки (как правило несколько), с большим количеством приспособлений, может привести к гораздо большим затратам и, самое главное, не обеспечить стабильное качество обработки.

7. Восприимчивость к различным опциям

При заказе оборудования достаточно часто появляются пожелания получить станок не в базовом исполнении и даже не с какими-то озвученными в прайсе опциями, а с имеющимися на эксплуатируемом оборудовании заказчика или у его партнеров, либо же вообще еще не применявшимися для данных видов обработки опциями.

В этом случае должен быть создан станок, способный воспринять не только специальные опции, которые потребует технолог, но и быть готовым в случае необходимости использовать некие опции, которые еще не спроектированы, но в силу произ-

водственной необходимости могут потребоваться в процессе отладки, или эксплуатации станка.

Кажется, на первый взгляд, подобная задача похожа на поручение «Федоту-стрельцу, удалому молодцу» из известной сказки – «ты добудь мне то, чаво на белом свете вообще не может быть». Только, в отличие от помощников Федота, расписавшихся в собственном бессилии, конструкторы ВСЗ «Техника» с подобными задачами успешно справляются.

Например, при обсуждении технического задания на высокоточный станок для шлифовки деталей из очень сложного в обработке неметаллического материала было предложено оснастить его двумя устройствами правки алмазных шлифовальных кругов. Однако, в связи с тем, что материал новый и технология его обработки была еще недостаточно отработана, заказчик предположил, что в ходе отладки может возникнуть потребность в дополнительном оснащении станка некими опциями. Для чего пришлось при компоновке станка предусмотреть такую возможность. И действительно, уже в ходе отладки технологии на станке пришлось дополнить его двумя сменными держателями крепления абразивных брусков для вскрытия зерен алмазных шлифовальных кругов, а после изготовления на их базе сделать сменный держатель расточного резца, чтобы можно было непосредственно на станке проточить основу шлифовального круга. Что и было сделано.

Иногда пожелания часто озвучиваются в совершенно разных интерпретациях. Например, функция касания шлифовального круга детали или правящего инструмента:

→ один заказчик просит функцию определения момента касания с помощью прибора АЛ-2-3, оснащенного наушниками для прослушивания. При этом принцип работы прибора основан на контроле изменения вибрации контролируемого узла;



Рис. 11. Прибор сопряженного шлифования Marposs S.p.A. (пневматический стенд для контроля внутреннего диаметра, измерительные головки Unimar S26 с арретированием и электронный блок P7 sys)



Рис. 12.
Комплекс лазерного термоупрочнения модели АЛТКУ-3



→ второй просит полноценный прибор с GАР-датчиком, встроенным в архитектуру станка и имеющим канал связи с УЧПУ.

Некоторые заказчики просят оригинальный вариант, дорогой, но надежный. В частности, была просьба оснастить станок прибором сопряженного шлифования компании *Marposs S.p.A.* (Италия) с пневматическим стендом для контроля внутреннего диаметра (рис. 11).

Эталонные кольца под детали заказчика были разбиты и произведены компанией *Marposs S.p.A.* с целью контроля трех типов деталей.

В последнее время при заказе сложного оборудования заказчики акцентируют внимание на необходимость разработки специального матобеспечения для решения своих задач, просят разработать готовые циклы обработки, обеспечить возможность программирования в «масках», что так же можно отнести к дополнительным специализированным опциям.

Поэтому однозначно можно определить, что повышенная восприимчивость к опциям — это также характерный признак специализированного оборудования.

8. Новые техпроцессы

Новые техпроцессы, особенно на стадии внедрения, как правило, требуют специального оборудования, поэтому в этих случаях использование спецстанков не роскошь, а необходимость.

Так, например, на ВСЗ «Техника» приходится часто сталкиваться с задачами, связанными не только с механообработкой, но и с совершенно новыми технологическими процессами обработки.

Примерами такого сотрудничества можно назвать гамму технологических комплексов лазерного термоупрочнения на базе CO₂-лазеров мощ-

ностью 3 и 5 кВт с различными зонами обработки (рис. 12).

Термическое упрочнение материалов и сплавов лазерным излучением основано на локальном нагреве участка поверхности под воздействием излучения и последующем охлаждении этого поверхностного участка со сверхкритической скоростью в результате теплоотвода теплоты во внутренние слои металла.

Особенности технологии лазерного термоупрочнения выгодно отличаются от других методов закалки:

- выгодное соотношение «цена-качество»;
- нагрев при лазерной закалке является не объемным, а локальным, поверхностным процессом, что исключает изменение как макро-, так и микрогеометрии обрабатываемых деталей;
- упрочнение лучом лазера осуществляется без оплавления поверхности — это исключает изменение шероховатости и необходимость в последующей механообработке (шлифовка, полировка и т.д.);
- возможность поверхностного упрочнения поверхностей любой сложности и геометрии (рис. 13);
- возможность упрочнения и модифицирования поверхностей широчайшей номенклатуры материалов с повышением их эксплуатационных характеристик.

При разработке последних комплексов разработано устройство компенсации длины лазерного излучения, то есть независимо от положения исполнительных узлов, транспортирующих излучение, расстояние от линзы CO₂-лазера до рабочего пятна всегда одно и то же. Плотность пятна излучения, при этом независимо от его положения, одинакова.



Рис. 13. Примеры лазерного упрочнения кромок и формообразующих поверхностей пресс-форм.
Чугун низколегированный. Твердость упрочнения 52–56 HRC. Глубина упрочнения 1,1–1,3 мм

Серьезным тормозом при выборе уровня специализации будущего оборудования зачастую является вопрос цены. Конечно, цена специального станка будет по определению выше, чем станка универсального (проектные работы, технологическая подготовка производства, накладные расходы, лежащие на небольшом количестве производимых станков). Более того, доводы (во время обсуждения цены с производителем) по поводу возможного уменьшения стоимости спецстанка со ссылкой на якобы дешевизну похожего по габаритам универсального станка не могут быть признаны обоснованными. В первую очередь потому, что производительность спецстанка и соответственно его окупаемость (при условии полноценной загрузки) всегда выше универсального. Это и есть основное преимущество такого вида оборудования. Остается только этим преимуществом воспользоваться.

ВЫВОД

В заключение следует отметить, что хотя вышеперечисленные причины и не охватывают всего многообразия ситуаций, требующих применения специальных и специализированных станков, но в то же время, безусловно, закрывают основную их часть и позволяют технологическим службам предприятий в случае их (подобных ситуаций) возникновения смело прибегать к этому испытанному способу решения технологических проблем, при условии привлечения к их (станков) созданию квалифицированных и проверенных производителей.

Сергей Радомирович ВАСИЛЬЕВ —
председатель совета директоров ООО ВСЗ «Техника»

Вячеслав Иванович ЮДИН —
главный конструктор ООО ВСЗ «Техника»