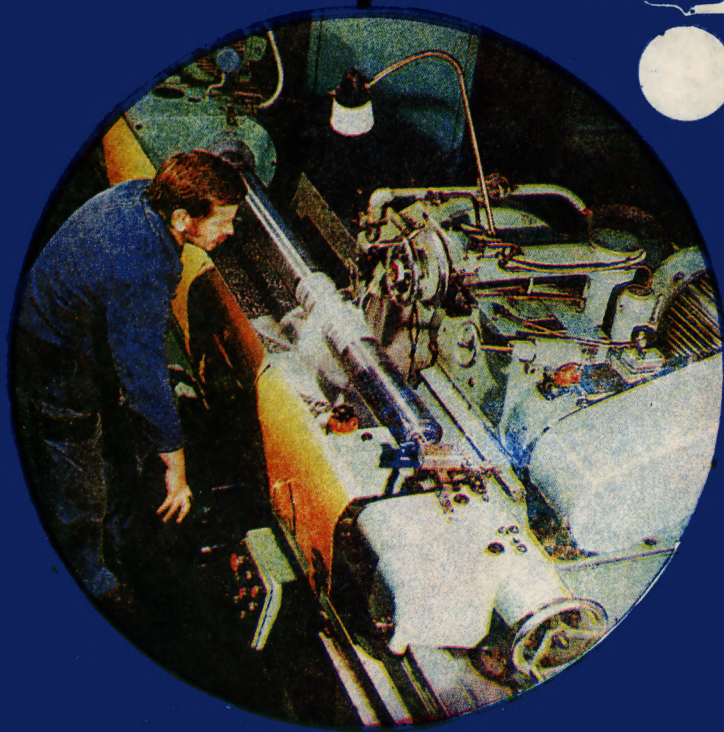


КЕМ БЫТЬ ?!



О. Ф. ПОЛТАВЕЦ

О СТАНКАХ И СТАНОЧНИКАХ

Серия «КЕМ БЫТЬ?»

О. Ф. ПОЛТАВЕЦ

О СТАНКАХ И СТАНОЧНИКАХ



Москва
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1984

ББК 30.613
П49
УДК 621.9.06

Рецензент инж. Н. М. Селиванов

Полтавец О. Ф.

П49 О станках и станочниках. — М.: Машиностроение. 1984. — 160 с., ил. (Кем быть?).

45 к.

В книге рассказано о станках и станочниках. Описаны современные станки, в конструкциях которых объединены последние достижения науки и техники — физики, механики, электроники и киберлетики. Рассказано о тех сложных и интересных задачах, творческое решение которых и составляет основное содержание труда станочника.

Книга предназначена для молодых читателей, выбирающих профессию.

П 2704040000-133 133-84
038 (01)-84

ББК 30.613
6П.4.6

© Издательство «Машиностроение», 1984 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Выбор профессии... Эти два простых слова никого не оставляют равнодушным. Вихрь мыслей рождают они у молодого человека, который готовится вступить в жизнь. Тут сомнения и надежды, практичность и юношеская фантазия, желание прислушаться к совету близких и родных и поступить самостоятельно.

Трудно молодому человеку: это самая сложная в его жизни задача. От ее решения зависит, как сложится его жизнь, раскроются ли его дарования, будет ли его жизнь наполнена радостью созидания или будет буднична, скучна, однообразна и тосклива.

Трудно молодому человеку: это не только самая сложная, но и самая серьезная проблема в его жизни. Все до сих пор решалось как бы само собой. Как все, шел в школу, как все, переходил из класса в класс, как все, вырослел. А тут приходится решать такую сложную задачу, не имея жизненного опыта, не зная многих обыденных вещей. Опыт придет позднее, когда выбор уже будет сделан.

Трудно молодому человеку: эту проблему надо решать не завтра, не послезавтра, а сейчас. Позади школа, впереди вся жизнь. Как не хочется ошибиться! И в памяти вновь возникают встречи с ветеранами, которые с воодушевлением рассказывали о начале своей трудовой деятельности так, словно это было только вчера, а не четверть века назад. И верят, что начини они сначала, опять выбрали бы тот же путь в жизни. Вспоминает знакомого, глаза которого становились безучастными, когда он начинал говорить о своей работе. С какой тоской он мечтал вернуть безвозвратно ушедшее время и начать все по-другому. Понимал, что те молодые ребята, которые уже сменили несколько профессий и без тени уныния готовы сделать это еще не раз, теряют лучшие годы. И веселье их напускное.

А сделать правильный выбор нелегко. В современных справочниках перечислено около шести тысяч профессий. Однако специалисты считают, что их около десяти тысяч, а если учитывать специальности и квалификации, то это число приближается к сорокам тысячам.

Надо сказать, что мир профессий находится в постоянном движении: одни отживают, другие только рождаются, третьи развиваются, наполняются новым содержанием. О стремительном развитии профессий красноречиво говорит такой факт: четверть века назад более половины теперешних профессий не были известны.

К таким бурно развивающимся профессиям относятся и станочные. Трудно в наше время назвать такую же массовую и такую же дефицитную профессию. Нет ни одной отрасли народного хозяйства, где бы не требовались умелые руки станочника. Родившись в глубокой древности, эта профессия на протяжении долгой истории человечества отличалась от других одной особенностью — из рук станочников выходили самые точные для своего времени изделия, будь то ролики осадных машин древних римлян, зубчатые колеса первых часов или точнейшие детали современных космических ракет.

Шли века, совершенствовались конструкции станков, росла их численность. Изменялся и характер труда станочника, появлялись новые станочные специальности.

Но, пожалуй, никогда станки и станочные профессии не развивались столь бурно, как в наше время. Современные станки создают на основе последних достижений конструирования, технологии, электротехники, электроники, вычислительной техники, кибернетики и других наук. Появились станки-автоматы, заменяющие десятки универсальных станков с ручным управлением. В промышленность внедряются автоматические линии станков с ЧПУ, управляемые ЭВМ. Мы стоим на пороге создания автоматически действующих производств, управляемых ЭВМ. Металлорежущий станок стал настолько сложным техническим устройством, что работать на нем и обслуживать его под силу только высококвалифицированным работникам, получившим и хорошую общеобразовательную подготовку.

Расширяется круг станочных профессий. На наших глазах родились профессии операторов станков с ЧПУ, программистов. Изменились не только названия профессий, но также содержание труда станочника. Авто-

матизированное управление станками заменяет тяжелый физический труд.

И все более важной становится творческая сторона труда. Станочник по существу своей профессии является творцом. Результат его труда — вещественные, осязаемые изделия, без которых не могут появиться тысячи и миллионы современных машин. Но это творчество — результат больших знаний, высокого умения, упорного и напряженного труда.

Рассказать подробно о десятках станочных профессий и о многих конструкциях станков — задача непосильная. И автор не ставил ее перед собой. Цель книги гораздо скромнее — дать представление об истории станочного дела, рассказать о современных станочных профессиях, раскрыть содержание труда станочника. И если молодые люди, стоящие перед проблемой выбора профессии, найдут в ней ответы на некоторые возникшие у них вопросы, то автор будет считать свою задачу выполненной.

С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ

В замене ручного труда машинным... и состоит вся прогрессивная работа человеческой техники.

В. И. Ленин

Многообразна земля наша! Неповторимы ее уголки: бескрайние просторы тундры и вековая тайга, седые горы и зеленые долины, плодородные степи и знойные пустыни, безбрежные моря и полноводные реки. И везде видны следы активной деятельности советского человека. Он создает искусственные моря, промышленные гиганты, возделывает необозримые поля, проникает в космос и смело погружается в недоступное ранее «подводное царство». Он имеет для этого все возможности, вооружен самой совершенной техникой, научился создавать такие орудия труда, которым подчас сам удивляется, овладел такими профессиями, которые еще недавно казались фантастическими.

И все это пришло не сразу, не вдруг. Труден путь к вершинам знания и умения. Когда-то давно начался он с самого простого орудия, с самых элементарных навыков. Именно тогда, в глубокой древности и были заложены основы многих профессий современности.

Самая древняя профессия

Двадцать тысяч лет назад. Долина близ нынешнего Воронежа. В степи, где на тучных пастбищах бродят огромные стада животных, временная стоянка из нескольких шалашей. В них можно укрыться от ветра и непогоды. На стоянке царит оживление. Вот два охотника возвращаются после удачной охоты. На древке копья они несут добычу. Несколько человек разделяют добытую утром дичь. Одни женщины нарезают мясо длинными узкими полосками и развешивают их для провяливания — так заготавливают зимние припасы. Другие соскребают жир и обрывки мышц с большой шкуры, распяленной на колышках. После очистки ее продубят и

используют для починки длинных больших шалашей на берегу реки или сошьют из нее зимнюю одежду, мехом внутрь, чтобы лучше сохранялось тепло. В такой одежде зимой не страшно выходить на охоту.

Таким представляют ученые повседневный быт наших далеких предков. Обращает на себя внимание то, что люди пользуются различными каменными орудиями, причем умело и сноровисто. Да и сами орудия изготовлены так, что работать ими легко и удобно. Современные исследования показали, что хорошо обработанные кремневые наконечники острее железных и глубже проникают в тело животного. А кремневые ножи по режущей способности равноценны стальным и даже превосходят их.

Тысячелетия трудного опыта подсказали человеку, что наилучшим материалом для изготовления орудий являются некоторые виды камня — те, которые относительно легко обрабатываются и дают острые края при изломе. Теперь ученые объясняют, что такими свойствами обладают природные материалы с тонкой кристаллической структурой. К ним относятся обсидиан (вулканическое стекло), кремний, кварциты, базальты и другие материалы.

И на протяжении многих тысяч лет умение использовать свойства камня стало основой первоначальной технологии изготовления орудия, а степень ее совершенства — мерилom технического прогресса. Вначале человеку просто удавалось отделять от камня отщепы с острыми краями и использовать их как орудия. Со временем он открыл, как можно достигать определенных размеров и формы этих отщепов и как обрабатывать их, используя затем для определенной цели в качестве скребка, чтобы очищать шкуры, наконечника копья, чтобы убивать животных, топора, чтобы рубить деревья и колоть дрова.

Затем появилось еще одно усовершенствование. В доисторические времена каменных дел мастера научились отбивать от каменных «заготовок» очень длинные пожевидные пластины. Их длина по крайней мере вдвое превышала ширину, а оба края были настолько остры, что их иногда приходилось затуплять, чтобы такую пластину можно было зажать в руке.

Для получения таких пластин требовалось очень высокое мастерство. Сначала кремневой заготовке прида-

вали приближенно цилиндрическую форму. А затем от нее одну за другой откалывали пластины от внешнего края в продольном направлении. Этот метод был большим шагом вперед. Прежде всего он был намного экономичнее предыдущего. Хороший мастер мог из одной заготовки изготовить около пятидесяти пластин. А производительность в те далекие времена имела не меньшее значение, чем теперь. Кремневые орудия при всех своих достоинствах были очень хрупкими. Потребность в них была постоянной, а мастеров было немного. И большим достижением было, если один мастер мог за несколько минут изготовить несколько десятков пластин. Не менее важным преимуществом нового метода было то, что длина рабочего края пластины получалась по крайней мере в пять раз больше, чем у отщепов. Из таких пластин можно было изготовить более разнообразные орудия, чем раньше: ножи для нарезания мяса, для обстругивания дерева, скребки для кости, для шкур, сверла, проколки и многие другие.

Методы и приемы изготовления орудий из камня были первыми робкими шагами человека по пути освоения сложнейшей технологии обработки материалов резанием. Но именно тогда были заложены ее основы. По крайней мере два основных принципа ее были уже сформулированы (пусть даже неосознанно!). Первый принцип заключался в том, что для получения орудия из камня необходимо с него удалить все «лишнее». А второй принцип непосредственно вытекал из первого: это удаление связано с целенаправленным разрушением материала заготовки.

Усложнение технологии обработки каменных орудий привело к первому в истории человечества профессиональному разделению труда в обществе. Изготовление орудий превратилось в специализированное занятие: выделились специалисты по изготовлению каменных орудий и появились, как мы теперь говорим, специализированные предприятия. На территории нашей страны археологи открыли своеобразные мастерские, где неолитические мастера изготавливали каменные орудия труда.

Изготовление тех орудий труда, которыми человек пользовался десять—двадцать тысяч лет назад, какими бы нехитрыми они не выглядели на первый взгляд, требовало точных расчетов и большого умения. Их создатели были такими замечательными мастерами, что вос-

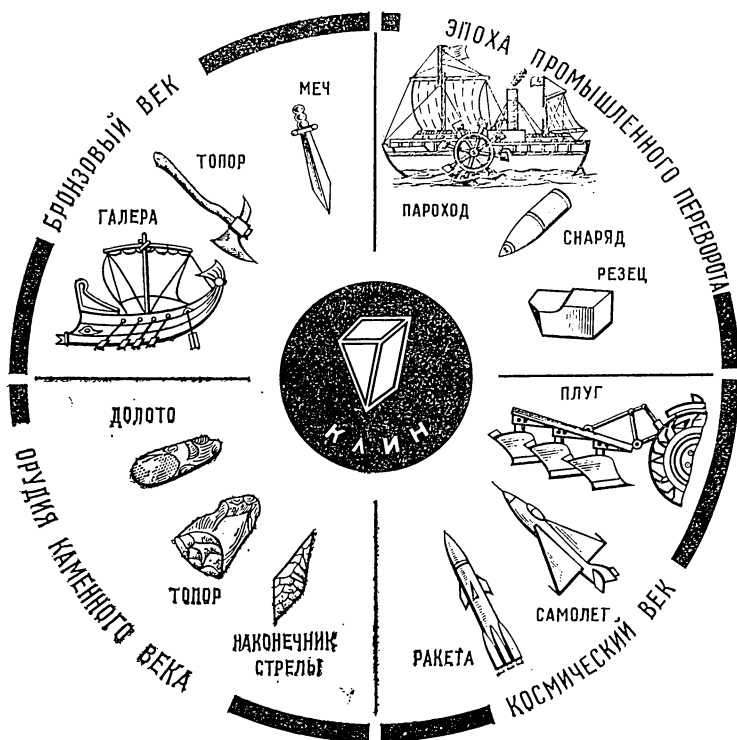
произвести их изделия в наши дни удалось лишь немногим терпеливым экспериментаторам. А некоторые древние изделия до сих пор являются неповторимыми.

Оговоримся, что те методы, которые человек освоил первыми — отщипа и ножевидных пластин, — не стали основой последующей техники обработки материалов. Это был один из этапов развития, результаты которого послужили базой для совершенствования всей последующей технологии обработки. Результаты эти настолько значительны, что не будет преувеличением сказать, что основы современной технологии металлообработки заложены нашими далекими предками.

Действительно, на чем основана современная технология обработки заготовок? На резании. А резание невозможно без применения режущего инструмента. И вот этот основной элемент был изобретен именно в каменном веке. На заре зарождения технологии изготовления орудий труда было сделано гениальное открытие: основой любого режущего инструмента является клин. И с того далекого времени по настоящее время различные конструктивные оформления режущего клина дали человеку массу необходимых ему орудий. Это и орудия войны, и орудия созидания. Внимательно посмотрите на самый сложный режущий инструмент, которым мы обрабатываем сверхпрочные современные материалы, и вы обнаружите в нем клин. А самый современный сверхзвуковой реактивный самолет или ракета? Их головная часть, которой они «разрезают» воздух,—это тоже клин.

Но в древние времена человек не только открыл сам принцип режущего клина. Он уже тогда конструктивно оформил некоторые важнейшие типы режущих инструментов. Одним из таких инструментов был резец — орудие с крепким, резко скошенным краем, напоминавшим стамеску. Главное отличие резца от остальных орудий каменного века состояло в том, что с его помощью не убивали животных, не резали мясо, не очищали шкуры, не рубили деревья. Он предназначался для изготовления других орудий и приспособлений. Можно сказать, что он имел то же назначение, что и современные металло-режущие инструменты.

Резец позволил качественно изменить технологию изготовления орудий, широко использовать кость и олений рог. Для того времени это были чудо-материалы, пластмассы каменного века. Они были прочнее и твер-



Клин, впервые использованный нашим далеким предком в качестве основы режущих и колющих орудий, на протяжении тысячелетий исправно служит человеку в различных отраслях техники

же дерева и не такие хрупкие и труднообрабатываемые, как камень. Резко расширился круг технологических приемов обработки новых материалов; их можно было резать, выдалбливать, зазубривать, делать на них насечку, заострять, придавать им различную форму.

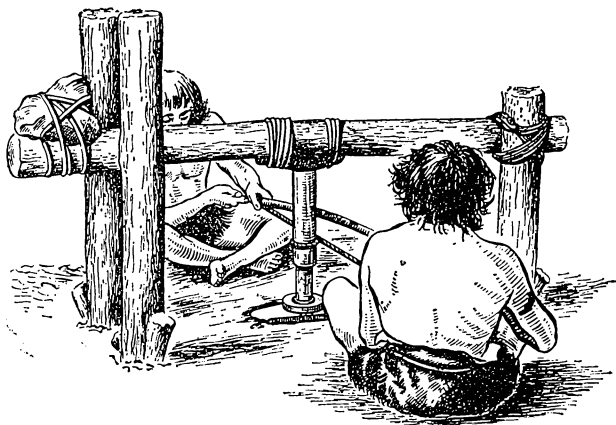
Затем человеку удалось так конструктивно видоизменить резец, что в итоге получился принципиально новый режущий инструмент — сверло. Каким бы примитивным оно нам теперь не казалось, это было настоящее сверло: имело режущие лезвия и державку, за которую удерживалось в процессе работы. Более того, сам процесс сверления аналогичен современному: вращением сверла и одновременной подачей его в глубь обрабатываемого материала образовывали отверстие.

Долгий путь совершенствования технологии обработки рано или поздно должен был привести к появлению качественно нового элемента в технологии. Им стала первая в истории человечества установка для обработки отверстий в каменных орудиях.

Необходимость получать отверстия в каменных топорах и молотках возникла у человека давно. Вероятно, случай подсказал ему, что такое каменное орудие можно закрепить на деревянной державке более прочно и надежно. Но попытки сделать такое отверстие каменным сверлом, конечно же, кончались неудачами. И постепенно человек осознал, что инструмент должен быть более прочным, чем обрабатываемый им материал. Итак, нужен был другой инструмент. Некоторый опыт к этому времени уже был...

Человек стал понимать, что предметы с хорошо отполированной поверхностью красивее, а часто и удобнее в употреблении. И постепенно он научился полировать их, используя для этого данные ему самой природой инструменты. Сначала камни шлифовались просто трением о поверхность песчаника с острыми, не очень прочно связанными зернами. Благодаря такой связи между частицами песчаника те из них, которые затупились в процессе работы, выкрашивались и на их место в работу включались новые зерна. Рабочая поверхность такого камня постоянно обновлялась. Те же зерна, которые отделились от инструмента, катаясь между камнем и шлифуемым предметом, только способствовали обработке. Но после обработки одним камнем поверхность получалась гладкой с почти невидимыми рисками, а после обработки другим крупные риски сводили на нет весь затраченный труд. И мастер сделал вывод: чем крупнее зерна у камня, тем хуже обработанная поверхность.

Вероятно, желание полностью использовать ценный кусок камня для шлифования заставляло мастера прибегать к различным способам его крепления, каким бы маленьким этот камень не был. Применялись для этого и деревянные палочки или дощечки. Опытный мастер рано или поздно должен был заметить, что даже отдельные частицы этого камня, его остатки, находясь между обрабатываемой поверхностью и дощечкой, шлифуют так же хорошо, как и сам камень. И последнее, что могло натолкнуть на изобретение принципиально нового



Это устройство для получения отверстий в каменных орудиях стало прообразом всех металлорежущих станков

метода обработки отверстий в твердых материалах, был опыт получения огня трением. Ведь нельзя было не заметить, что в том месте, где палочка терлась о дощечку, появлялось углубление цилиндрической формы. А что если в это место добавлять еще и песок?.. Может быть к этому открытию был и не совсем таким. Но факт налицо: древний человек изобрел метод получения отверстий в очень твердых материалах. Заостренную палочку из твердого дерева присыпали мокрым песком и, нажимая на другой ее конец, вращали рукой. Для ускорения **другой** конец палочки упирали в дощечку, прикладывая ее к груди. Позднее на палочку наматывали веревку и дергали ее то в одну, то в другую сторону, как при добыче огня.

В дальнейшем этот метод многократно усовершенствовали: вместо веревки использовали лук, значительно повысивший производительность и давший возможность работать одному человеку; вместо палки иногда применяли трубчатые предметы (кости крупных животных, бамбук), что повышало давление, уменьшало количество материала, подлежащего истиранию, и облегчало центрирование.

Но самое главное усовершенствование касалось устройства, с помощью которого фиксировалось взаимное положение обрабатываемого предмета и инструмента.

Оно состояло из двух кольев и связывающей их поперечины. Это устройство еще более повысило производительность труда и качество обработки. Именно оно и является предшественником всех металлорежущих станков.

Мы подробно остановились на истории возникновения этого устройства не потому, что в нем впервые был использован новый инструмент, тот, который мы теперь называем абразивным. И не потому, что с его помощью впервые человеку удалось изготовить отверстие в очень прочном и твердом материале. Хотя оба этих обстоятельства сами по себе и интересны и важны. С точки зрения современной технологии в этом устройстве впервые использован принцип кинематического формообразования обрабатываемой поверхности. Усовершенствованный многими последующими поколениями, он является основой современной металлообработки и базируется на двух положениях. Первое — поверхность вращения может быть получена только при наличии вращательного движения инструмента или заготовки. Второе — движение подачи позволяет удалить с заготовки такое количество материала, чтобы получить после обработки заданную длину отверстия.

Человечество сделало важнейший шаг в технологии производства орудий: были изобретены режущие инструменты и практически освоен принцип формообразования поверхностей на основе сочетания элементарных движений инструмента и заготовки. Казалось, это начало бурного развития техники обработки материалов резанием. Однако все произошло иначе. На смену каменному веку пришла эпоха металлов. Сначала бронза, а потом железо и другие металлы вытеснили камень, кость и дерево. Металлические орудия оказались более удобными, прочными и долговечными. Однако обрабатывать их резанием люди еще не умели. Не было соответствующих инструментальных материалов и механизированных устройств. И, самое главное, не было потребности в точно изготовленных деталях. Эта потребность появилась через несколько тысячелетий. Начался длительный период в производственной истории человечества, когда основными фигурами в области изготовления орудий стали кузнец и литейщик. Выражаясь современным языком, можно сказать, что номенклатура и качество изделий, изготавливаемых этими специалистами, надолго

удовлетворили потребности человеческого общества. Но если внимательно присмотреться к этим орудиям, то оказывается, что большинство из них копировало каменные или создавалось на их основе. Таким образом, основные изобретения мастеров каменного века не были преданы забвению.

Ну, а что же обработка резанием? И она продолжала совершенствоваться. Нужно было совсем немного, чтобы на основе простейшего устройства для получения отверстий в камне был изобретен станок для обработки материалов резанием. Для этого требовался прочный нехрупкий режущий инструмент.

В 1949 году археологи производили раскопки Авнеевского кургана в Грузии. Одна из находок произвела настоящую сенсацию. Это был бронзовый токарный резец. Исследования показали, что он был сделан в начале второго тысячелетия до новой эры. Таким образом, было подтверждено, что в это время токарный станок был распространен на значительной территории земного шара.

Когда же он появился, был ли он первым станком, каково было его устройство? Письменные свидетельства древних, вещественные находки археологов позволяют ответить на эти вопросы. Токарный станок был изобретен около пяти тысяч лет назад. И он был первым станком в истории человечества, а, следовательно, токарь — самая древняя станочная профессия.

Можно предположить, как возник токарный станок. При использовании устройства для высверливания отверстий в каменных орудиях было установлено, что вращение режущего инструмента при неподвижном изделии и вращение изделия при неподвижном режущем инструменте давало одинаковый результат. Оставалось конструктивно оформить новое устройство. И оно первоначально, конечно, было очень примитивным. Но зато его необычайная простота была большим достоинством. Только благодаря этому в кустарных промыслах самые примитивные формы токарных станков дожили до девятнадцатого столетия нашей эры.

Древнейшие токарные станки имели две стойки с центрами. На них устанавливалась и закреплялась заготовка. На нее набрасывался шнурок, перетягиванием которого обеспечивалось вращение заготовки. Один человек вращал заготовку, другой — подставлял резец

и снимал с нее слой материала. Именно такой станок изображен на каменном барельефе (около 300-го года до н. э.).

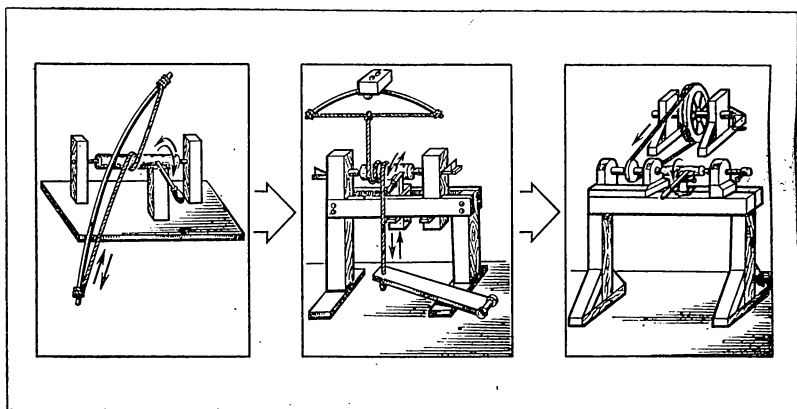
Однако вскоре был изобретен лучковый привод, который позволял обрабатывать мелкие заготовки одному человеку. Вращалась заготовка при возвратно-поступательных движениях лучка, который токарь держал в левой руке. Правой рукой он удерживал и направлял резец. Тетива сначала просто скользила по заготовке, а потом ее стали обводить вокруг заготовки один-два раза. Этим достигалось более равномерное вращение заготовки и увеличивался передаваемый ей крутящий момент.

Изготовление токарных изделий из древесины, кости, рога и алебаstra у древних римлян было поставлено настолько широко, что именно там возник специальный термин для обозначения токарного станка — *Tornus*. Отсюда возникло и название станочника, работающего на этом станке, — *Tornator* — токарь.

Токарные станки были широко распространены и в Древней Руси. Это объяснялось большой потребностью в деревянной посуде и мебели. Поэтому среди ремесленников уже в XIII веке выделились токари как представители самостоятельной профессии.

На станке с лучковым приводом только правая рука токаря работала непосредственно над изделием. Половина всего рабочего времени затрачивалась на обратное вращение заготовки и связанные с этим отвод и подвод резца. Работа выполнялась в неудобном положении и была очень утомительной. Потребность в изготовлении большого числа более сложных изделий заставила искать способы улучшения конструкции станка.

И в течение многих последующих столетий все усилия были направлены на совершенствование привода станка. Прежде всего требовалось освободить обе руки для выполнения основной работы. Это было достигнуто с помощью ножного привода. Но и такие станки, конечно, были далеки от совершенства. Процесс обработки по-прежнему был прерывистым, так как заготовка вращалась то в одну, то в другую сторону. И каждый раз токарь должен был продолжить процесс обработки именно с того места, где он был прерван. Он него требовалось большое искусство, чтобы



Так совершенствовался привод токарных станков

высококачественно изготовить сложную деталь. Кроме того, токарь затрачивал много сил на привод станка. Физическое утомление препятствовало повышению производительности и качества обработки.

Поэтому отделение привода от станка было одним из крупнейших усовершенствований токарного станка. Установка приемного шкива знаменовала наступление новой эры в развитии станка. Сначала, правда, станок приводил в движение другой человек. Но станок со шкивом позволил вскоре использовать в качестве источника энергии не человека, а животных, падающую воду или ветер. До этого конструкция токарного станка и технология обработки на нем совершенствовались очень медленно. После отделения привода от станка резко улучшилось качество работ. Большой сложностью и высокохудожественностью отличались работы русских станочников. В Государственном Русском музее в Ленинграде хранится большая коллекция предметов, изготовленных на токарных станках в XVI—XVII веках, например, деревянный торшер высотой 1200 мм с витыми колоннами. Они образованы бочкообразной поверхностью, на которой сделана винтовая нарезка. Нанесение винтовой нарезки на стержнях переменного сечения всегда считалось и считается очень сложным видом токарной работы. Она требует от исполнителя или необычайно высокой квалификации или специальных приспособлений.

На западе нашей страны и в Европе в XVI—XVII веках возникают цеховые организации токарей. Интересно отметить, что токарное искусство расценивалось как особо привилегированное, так как «первым токарем был сам бог, выточивший земной шар».

Очень долгое время токарные станки использовались для изготовления бытовых предметов. И только из-за широкого распространения артиллерии появились токарные станки производственного назначения. В составе артиллерийских зарядов имелся круглый деревянный пыж. Его-то и стали изготавливать на токарных станках. С этого времени токарные станки становятся неотъемлемой частью оборудования предприятий, готовивших артиллерийские заряды, например, Пушечного двора. Кстати, значительный интерес представляют два документа Пушкарного приказа, относящиеся к 1671 году. В них содержится распоряжение руководства приказа своим двум токарным мастерам Никону Лукьянову и Василию Миленскому обучить токарному делу десять человек. В связи с этим мастера подали «сказку» о числе необходимых «токарных» снарядов. Из этих документов видно, что токарные станки, установленные в Пушечном дворе, по своей конструкции не отличались от западноевропейских. Аналогичными были и режущие инструменты и технология обработки.

Поражает очень большое число учеников, которых необходимо было подготовить. Для того времени вообще были характерны расширение токарного производства и образование специализированных предприятий. Известно, что еще в 1608 году в Троице-Сергиевской Лавре была токарня.

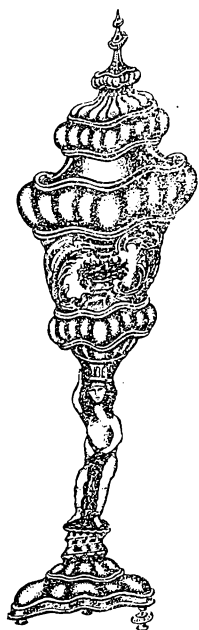
В XVI—XVIII веках были модны токарные изделия из кости и древесины твердых пород замысловатой формы. Для изготовления очень сложных изделий необходимо, чтобы заготовка и инструмент совершали сложное относительное движение. Конечно, это требовало большого терпения и мастерства. Но у любителей не было ни опыта, ни терпения. Они могли изготовить сколько-нибудь сложную вещь только в том случае, если движения заготовки и инструмента осуществлялись механически. Так возникли токарно-копировальные станки. В XVIII веке они достигли уже большого совершенства. Достаточно сказать, что именно на этих станках впервые стали применять механизированный суп-

порт. Первый известный станок с механизированным суппортом был установлен в Петербурге в 1712 году в личной токарной мастерской Петра I.

Но в середине XVIII века все большее распространение получают изделия из фарфора. Мода на точеные изделия проходит. Сложные токарно-копировальные станки, очень дорогие и трудоемкие в изготовлении, становятся ненужными. Уже к концу XVIII века они превратились в музейные экспонаты.

Выдающийся русский станкостроитель А. К. Нартов, как и его предшественники, также отдал дань времени и сконструировал для художественных работ ряд станков исключительной сложности, которые удивляют даже нас своим совершенным и остроумным исполнением. В 1717 году Петр I подарил токарный станок для художественных работ конструкции А. К. Нартова генеральному управляющему почт и сообщений Франции Пажо Д'Онс-ан-Брей, а через год — прусскому королю Фридриху-Вильгельму I. Оба станка получили восторженные оценки. После смерти Петра I царская мастерская прекратила свою работу и А. К. Нартов, как мы сказали бы теперь, перешел работать в промышлен-

ность. Он начал проектировать и строить станки производственного назначения. Свой богатый опыт машиностроителя он передавал многочисленным ученикам. Примерно в 1738 году А. К. Нартов создал токарно-винторезный станок с механизированным суппортом и сменными шестернями. Он был предназначен для изготовления крупных ходовых винтов прессов. В 1750 году в Туле для Сестрорецкого оружейного завода был изготовлен токарно-винторезный станок с набором сменных зубчатых колес для нарезания резьбы на винтах с различным шагом. Таким образом, А. К. Нартов первым в мировой практике ввел сменные зубчатые колеса и механизированный суппорт в токарный станок производственного назначения.



Такие декоративные вазы можно было изготавливать на токарно-копировальных станках А. К. Нартова

История токарного станка — это непрерывная цепь усовершенствований его конструкции. Однако различные конструктивные нововведения были неравнозначны. Одни из них просто облегчали обработку, другие — вносили в нее принципиальные изменения, делая более качественной и производительной.

К таким усовершенствованиям и относились предложенные А. К. Нартовым сменные зубчатые колеса и механизированный суппорт. Впоследствии они были использованы и при создании металлорежущих станков других типов. Удивительно и то, что изобретение А. К. Нартова было сделано задолго до того, как промышленный переворот вызвал объективную необходимость его применения. Однако этого достаточно, чтобы имя А. К. Нартова было вписано золотыми буквами в историю отечественной и мировой техники.

Трудно переоценить значение этих конструктивных усовершенствований. Ведь все современные токарно-винторезные станки обязательно имеют эти узлы. У человека, не посвященного в тонкости токарной обработки, может возникнуть вопрос: что дали эти нововведения в обработку на токарном станке, чтобы так подчеркивать их значение? Напомним, что любая резьба — это винтовая канавка заданного шага, сделанная обычно на цилиндрической поверхности заготовки. Основным условием при ее нарезании является одинаковый по всей ее длине шаг. Однако легко представить, что при ручном перемещении инструмента относительно заготовки сделать это очень трудно, а точнее говоря, невозможно. А потребность в винтах все возрастала. Самые разнообразные хитроумные способы и устройства, которые предлагались в различных странах, не решали проблемы. У А. К. Нартова же суппорт перемещался механически равномерно, равномерно вращалась и заготовка. Поэтому шаг на всей длине обработки был постоянным. Но ведь на станке требуется нарезать резьбу различного шага. Поэтому-то А. К. Нартов между передачами, соединяющими шпиндель станка с суппортом, установил сменные зубчатые колеса. Поставим зубчатые колеса с одним передаточным отношением — суппорт будет перемещаться относительно заготовки с одной скоростью, поставим зубчатые колеса с другим передаточным отношением — скорость изменится. Значит каждый раз будет получаться резьба различного шага.

Однако время промышленного переворота еще не наступило. Потребность в таких станках была мала. Сказалась общая экономическая отсталость России. Поэтому замечательное русское изобретение XVIII века не было широко внедрено в производство.

Уже в то время усложнение конструкции токарных станков, усложнение приемов работы в связи с изготовлением художественных изделий и первые попытки обработки металлов потребовали серьезного и длительного обучения токарей. Это привело вначале к включению основ токарного дела в руководство по обучению ремеслам, а затем и к разработке специальных руководств для токарей. В 1775 году в Париже вышел первый том книги Гюло «Токарное искусство». В ней подчеркивалось, что кроме чисто профессиональных навыков и знания оборудования токарю необходимо быть осведомленным в науках, соприкасающихся с ремеслами. Из числа таких наук токарю особенно необходимо иметь общее знакомство с геометрией, механикой и архитектурой. Необразованный токарь, утверждал автор, не может глубоко вникать в смысл выполняемой работы, его мысли беспорядочны, а изделия не отмечены хорошим вкусом. Такие требования предъявляли к токарю современники двести с лишним лет назад. Может быть по тем временам они и были несколько чрезмерными. Но сам факт говорит о многом: ни к одной другой профессии о таких требованиях не было и речи.

В последней трети XVIII века в Англии начался промышленный переворот. Он вызвал целую революцию в станочном деле. Потребовалось невиданное ранее число машин, дешевых, быстроходных и прочных. Ручной же труд мог удовлетворить лишь единичные запросы любителей токарного искусства, не считавшихся со стоимостью предмета развлечения. Только создание машин для производства машин могло разрешить возникшее противоречие.

По словам К. Маркса, это удалось сделать в первом десятилетии XIX века применением в промышленности механизированного суппорта. «Это механическое приспособление заменяет не какое-либо особенное орудие,— писал он, — а самую человеческую руку, которая создает определенную форму, приближая, прилагая острое режущего инструмента к материалу труда или направляя его на материал труда, напр. на железо. Та-

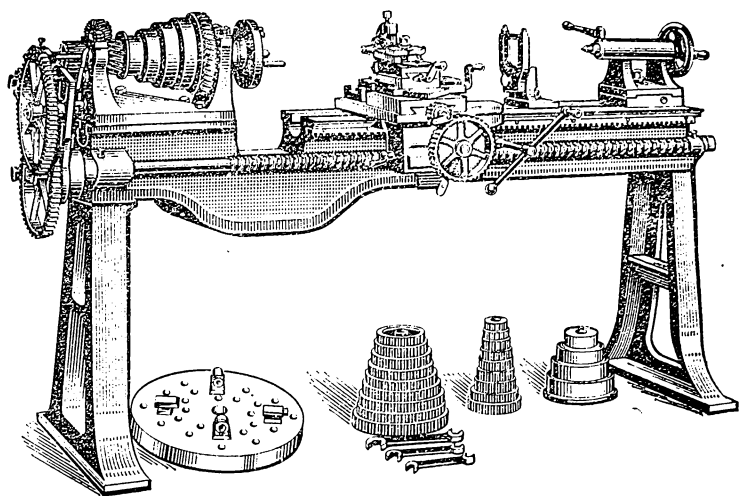
ким образом удалось производить геометрические формы отдельных частей машин «с такой степенью легкости, точности и быстроты, которой никакая опытность не могла бы доставить руке искуснейшего рабочего».

С началом промышленного переворота токарные станки стали широко применять для обработки заготовок из металла. Именно в этот период происходит разделение профессии токаря: наряду с традиционными токарями по неметаллическим материалам в промышленности появились токари по металлу — основатели славной когорты металлистов.

В России промышленный переворот начался на полвека позже чем в Англии, а наивысшей фазы достиг почти через век (после отмены крепостного права). Но несмотря на общую экономическую отсталость станкостроение в России всегда было на передовых рубежах. И достигалось это, в первую очередь, благодаря труду целой плеяды великолепных станкостроителей, умельцев. К сожалению, имена многих из них остались неизвестными. В условиях крепостного права русские станкостроители проявляли лучшие национальные черты — трудолюбие и смекалку, а также высокое мастерство, зачастую на грани большого искусства.

Некоторое представление о состоянии станкостроения в этот период дают производственные документы, сохранившиеся в архивах и изданиях того времени. В опубликованной в 1826 году книге академика И. Х. Гамеля отмечалось, например, что Тульский оружейный завод уже издавна славится, а в последние восемь лет улучшен так, «что по части искусственной* ныне ни один оружейный завод в свете с ним сравниться не может». Этот завод был старейшим оружейным заводом в России, производство на нем было поставлено образцово, и он готовил специалистов для всех других заводов страны. На заводе сложилось передовое производство с прекрасно разработанной технологией, были построены и эксплуатировались новые специализированные станки, превосходившие все, что знала тогда мировая техника. По тем временам там была достигнута небывалая взаимозаменяемость деталей. Так, при посещении завода Николай I велел разобрать несколько взятых наугад однотипных ружей, смешать их части и из них вновь

* Речь идет об оборудовании (примеч. автора).



Токарно-винторезный станок в последнем десятилетии прошлого века

собрать ружья. Все ружья оказались вполне исправными. Это говорит как о высоком качестве станков, на которых изготавливали детали ружей, так и о высоком профессиональном уровне станочников.

Русское станкостроение первой половины прошлого века развивалось на многих заводах. На Петербургском заводе за один год были построены двадцать токарно-винторезных станков для Тульского оружейного завода. Великолепные токарные станки создавал на Тульском оружейном заводе замечательный механик П. Д. Захаров. Его специализированный токарный станок для обточки ружейного ствола был наиболее автоматизированным и совершенным во всем мире.

Станочный парк для всей Нижне-Тагильской группы горных заводов Демидова был спроектирован и построен Е. А. и М. Е. Черепановыми. Конструкции их станков не только соответствовали уровню своего времени, но и отличались оригинальными техническими решениями. Механик Луганского завода Л. Изгоров создавал токарные станки для обработки крупных заготовок. На одном из них можно было обрабатывать заготовку диаметром более полутора метров и длиной более четырех метров.

Благодаря мастерству многих поколений русских станкостроителей были созданы совершенные модели токарных станков. И в конце двадцатых годов прошлого столетия русские токарные станки так же, как и западноевропейские, приобрели все основные черты, которые сохранились вплоть до начала нашего века.

На протяжении многих тысячелетий токарный станок был универсальным и единственным станком для формообразования изделий с правильной геометрией. Конструкции его всегда были значительно совершенней, чем конструкции других станков. Поэтому все металлорежущие станки в той или иной мере использовали элементы конструкции токарного станка.

Так обстояло дело и со сверлильным станком. Древние греки приписывали изобретение сверла Дедалу. Это, конечно, красивый миф. Ведь оно было изобретено еще в каменном веке. Потом его стали делать из металла. Но, как показывают исследования ученых, иногда сверла делали и из других, более совершенных материалов. Установлено, что древние египтяне достаточно легко сверлили отверстия в камнях для своих сооружений. По отверстиям можно судить, что скорость их обработки была высокой. Предполагают, что они пользовались сверлами, оснащенными алмазами и другими твердыми материалами. Но во все последующие века повсеместно применялось обычное железное сверло с коловоротом, которое описал еще Гомер.

Впервые вопрос о создании настоящего сверлильного станка встал с возникновением артиллерии. Вместе с новым видом металлорежущего станка появилась и новая станочная профессия — сверловщик. Это не вызывает удивления, так как обработка оружейных стволов на сверлильных станках значительно отличалась от токарных работ того времени, требовала специальных навыков и знаний.

Уже в середине XVIII века на Тульском и Каширском оружейных заводах появились вертикальные сверлильные машины с приводом от водяного колеса. Борштанги («сверлаки»), на которых закрепляли инструмент, были стальными, что являлось большим шагом вперед по сравнению с аналогичными машинами в Европе, оснащенными деревянными борштангами. Применение металлической борштанги значительно повысило качество обработки. Однако вскоре передовые

станкостроители стали переходить к горизонтальной компоновке сверлильных станков. Около 1712 года в России начал работать комплект из трех машин для полной обработки ствола, приводимых в движение от одного водяного колеса. Очень важно, что подача в них осуществлялась автоматически с помощью храпового механизма и зубчато-реечной передачи. Это был первый случай применения автоматической подачи на станке производственного назначения. На горизонтально-сверлильной машине значительно повышалось качество обработки и облегчалось применение водяного колеса или конного привода.

В русских документах того времени подчеркивается необходимость исполнения работ в полном соответствии с утвержденными чертежами: «Противу чертежей с крайним аккуратством». В инструкциях впервые появляется требование проверки относительного расположения узлов станка («она́я машина могла стоять в надлежащих перпендикулярных и параллельных линиях») как основное условие обработки с высокой точностью. Такая технология обработки и контроля говорит о высокой профессиональной подготовке рабочих-сверловщиков.

Сверлильные машины для обработки каналов оружейных стволов появились как специализированные станки. Ими они остались и в настоящее время с той лишь разницей, что современные горизонтально-сверлильные станки для обработки стволов орудий больше похожи внешне на токарные станки: так много конструктивных решений они заимствовали у них.

Универсальные сверлильные станки появились значительно позднее. Их рождение практически относится к концу XVIII века. И при их создании полностью был использован богатый опыт конструирования токарных станков. С этой точки зрения их можно считать ближайшими родственниками. Уже в 1825 году на Луганском заводе изготавливали механизированные двухшпиндельные настенные сверлильные станки, которые имели реечный привод подачи. А это характерно и для современных универсальных станков.

Расточные станки гораздо моложе сверлильных: им около двухсот лет. Появление их было связано с возникшей потребностью в большом количестве высокоточных цилиндрических полостей деталей паровых машин, воздуходушных мехов и насосов. В качестве прототипа

была взята уже известная в это время установка для расточки стволов. Как известно, И. И. Ползунов в 1765 году занимался обработкой частей своей машины, надежность работы которой говорит о высокой точности изготовления деталей.

До сих пор речь шла о станках для обработки поверхностей вращения — наружных и внутренних. Однако промышленная революция поставила вопрос о высоком качестве и плоских поверхностей деталей машин. Именно в этот период стали широко применяться строгальные станки. И их конструктивное оформление было осуществлено также в это время. Сам принцип строгания был известен намного раньше. Еще английские кустари в XVII веке широко применяли специальное устройство для строгания костяных черенков ножей, которые тогда вошли в моду. Это устройство и можно считать прообразом строгальных станков. Уже в книге А. К. Нартова «Театрум Махинариум» приводятся три варианта продольно-строгального станка. Много усовершенствований в конструкцию продольно-строгального станка было сделано в первой половине прошлого века, в том числе Е. А. и М. Е. Черепановыми. Тогда эти станки и приобрели те формы, которые сохранялись долгое время. Несколько позднее оформился поперечно-строгальный станок. В противоположность токарным и сверлильным станкам при обработке на строгальных станках заготовка и инструмент не вращаются. Исполнительные органы этих станков совершают прямолинейные движения. Таким образом, сам принцип формообразования на строгальных станках отличается от принципа обработки, например, на токарном станке. Поэтому конструкция строгальных станков и приемы работы на них были иными. Так в промышленность пришел новый специалист — станочник-строгальщик.

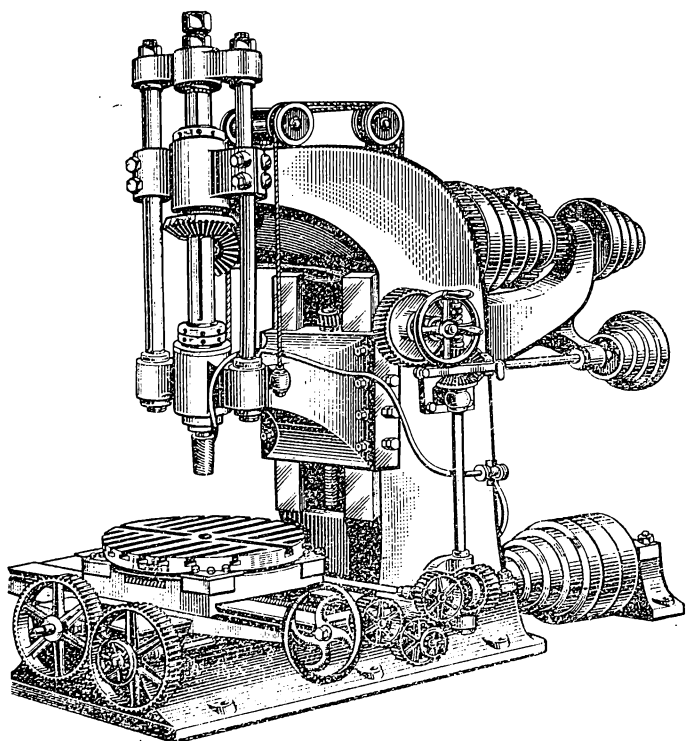
В конце XVII века широкое распространение получили карманные часы. Одной из основных деталей часов были зубчатые колеса. Необходимые устройства для их изготовления появились уже в начале XVIII века. Они состояли из двух узлов: делительного и фрезерного. Первоначально оба узла развивались независимо друг от друга, а затем соединились в одном станке — так возник зубофрезерный станок.

В России XVIII века не было часовой промышленности. Тем значительнее факт, что уже в самом начале

двадцатых годов XVIII века А. К. Нартов впервые создал зубофрезерный станок, на котором можно было изготавливать зубчатые колеса для любых машин, в том числе и для металлорежущих станков. Заметьте, для любых! Станок А. К. Нартова почти на столетие опередил свое время. Станки такой конструкции применялись на отечественных заводах без существенных изменений вплоть до середины прошлого века.

В начале фрезерование плоскостей уступало по производительности и точности строганию. Но это объяснялось низким техническим уровнем производства и эксплуатации нового вида инструмента. Действительно, первые фрезы делали вручную напильниками или на долбежных станках. Работа была трудоемкой и утомительной, так как у фрез были очень мелкие зубья. Заточка фрез также производилась напильником от руки. Для этого фрезу необходимо было отпустить, а после заточки — вновь закалить. Поэтому фрезы часто не перетачивали, а работали ими до полного затупления, а потом выбрасывали. Но потом зубья фрез стали делать крупнее, обработку и заточку их удалось механизировать. И после этого фрезерование начинает вытеснять строгание благодаря более высокой производительности и качеству обработки. Быстро расширяется типаж фрез и самих фрезерных станков. Во многом это объясняется тем, что многие конструктивные решения, типичные для токарных станков, были использованы во фрезерных станках. Например, шпиндельные узлы их имеют много общего, так как они близки по своей природе как механизмы вращательного движения. Механизированный суппорт токарного станка уже нетрудно было превратить в механизированный стол фрезерного станка. Фрезерные работы стали привычными в цехах машиностроительных заводов. Итак, в течение одного столетия родилась новая станочная профессия — фрезеровщик.

Во второй половине прошлого века появились шлифовальные станки промышленных конструкций и профессия шлифовщика. А ведь шлифование, как мы уже об этом говорили, известно человеку с эпохи неолита. В чем же дело? Почему технологический метод шлифования, без которого трудно себе представить современное нам производство, так поздно стал применяться? Дело в том, что существует несколько видов шлифо-



Фрезерные станки конструктивно оформились очень быстро. Уже в начале века вертикально-фрезерный станок имел все основные черты современного нам станка

важных работ. Наиболее древней является заточка режущих инструментов и орудий, а также отделка поверхностей с целью придания им привлекательного вида. В древности профессионального разделения по этим видам работ не было. Но по мере развития и совершенствования шлифования эти работы постепенно стали обособляться и вскоре окончательно разделились. Крайне необходим стал точильщик — древний прародитель современных станочников-заточников. Естественным абразивным камнем, насаженным на вал, он мог заточить и столовый нож хозяйке, и режущий инструмент плотнику, и оружие воину. Вращался круг сначала вручную, потом появился ножной привод, как и у токарного станка. И в наше время точильщика можно встретить в го-

родах и поселках. И на производстве пользуются иногда точилами для заточки простейших режущих инструментов.

В древности же отделилась профессия гранильщика. Гранильщики специализировались на обработке драгоценных и полудрагоценных камней.

А вот развитие и применение шлифовальных станков для размерной обработки долгое время сдерживалось несколькими причинами. С начала промышленной революции точение и строгание удовлетворяли по качеству обработки запросы промышленности. Потом, когда эти требования возросли, шлифование не могли применять из-за низких скоростей резания: при больших скоростях шлифовальные камни естественного происхождения разрушались. Напомним, что абразивный камень — не металлический монолит, а состоит из отдельных, связанных между собой, частиц. При большой частоте вращения центробежные силы могут превысить силы сцепления этих частиц и камень разорвет. Поэтому они могут вращаться только со строго определенной частотой, выше которой разрушаются. Кстати, и месторождений таких камней в природе не так уж и много. В России до революции было только одно, у Печоры — печорский камень, который использовали только для грубой обработки. Остальные, необходимые для промышленности камни, ввозили из-за границы. При размерной обработке природным камнем между обрабатываемой поверхностью и инструментом находилось много частиц абразива в свободном состоянии. И в процессе обработки они внедрялись в обрабатываемую поверхность. Она как бы насыщалась ими. Такая поверхность в работающем механизме вызывала быстрое изнашивание соприкасающейся с ней поверхности. Поэтому машиностроители старались избегать шлифования деталей, которые работали в парах трения. И только изобретение искусственных абразивных инструментов с высокими режущими и механическими свойствами открыло широкую дорогу размерному шлифованию. Появились шлифовальные станки для обработки поверхностей вращения (круглошлифовальные) и для плоских поверхностей (плоскошлифовальные), а затем и целый ряд их разновидностей, специально предназначенных для обработки изделий в массовых количествах (бесцентрово-шлифовальные, плоскошлифовальные с круг-

лым столом). Но это произошло уже в нашем веке. Именно размерная обработка шлифованием поставила шлифовщика в ряд основных станочных профессий. И в наше время эта профессия с каждым годом приобретает все большее значение.

Таким образом, в XIX веке токарные, токарно-винторезные, сверлильные, фрезерные, строгальные станки стали неотъемлемой частью производственной техники. Они конструктивно оформились и приобрели те основные черты, которые сохранились до наших дней. А рядом с ними на производстве привычными стали токари, сверловщики, фрезеровщики, строгальщики, шлифовщики, зубообрабатчики. Увеличивалось их число, рос авторитет среди других рабочих: металлисты, как их тогда называли, были уважаемыми в среде рабочего класса. Этому способствовало и то, что станочники были не просто умельцами высокого класса, но и наиболее образованной частью пролетариата. Из их среды вышли многие замечательные борцы за народное дело, представители Ленинской гвардии большевиков. Достаточно упомянуть одного из них, сыгравшего выдающуюся роль в истории нашей страны, — токаря по металлу Путиловского завода до Октябрьской революции и одного из руководителей первого государства рабочих и крестьян М. И. Калинина.

Таков путь в десятки тысяч лет. От примитивного каменного резца до сложнейших и разнообразнейших режущих инструментов из металла. От древнейшего устройства для получения отверстий в каменных орудиях до металлорежущих станков различных типов. От первых каменных дел мастеров до станочников различных профессий конца эпохи промышленной революции. А что же дальше? Что принес в металлообработку наш век?

Но прежде чем говорить о современных станках и станочных профессиях, давайте в общих чертах познакомимся с самим процессом обработки заготовок на станках.

Обработка на станках, что это такое?

Никогда еще люди не производили столько разнообразных машин и устройств и в таких количествах, как в наш век. Автомобили сначала выпускали тысячами, и

это казалось очень много. Потом их стали делать десятками и сотнями тысяч, но этого уже оказалось мало. В начале 80-х годов в нашей стране каждый год выпускалось более двух миллионов автомобилей. И автомобили не исключение. С каждым годом требуется все больше тракторов и холодильников, зерноуборочных комбайнов и магнитофонов, самолетов и мотоциклов, металлорежущих станков и стиральных машин... Этот перечень можно продолжать бесконечно. А то, что все они состоят из различных деталей, знают даже дошкольники. И чтобы собрать все это обилие машин, необходимо сначала сделать миллиарды деталей. Посудите сами. В каталоге такого массового автомобиля, как «Жигули», перечислено почти три тысячи различных названий деталей и узлов. А общее число деталей, из которых собирают такой автомобиль, исчисляется несколькими десятками тысяч. И абсолютное большинство этих деталей изготовляют на станках.

Детали машин очень разнообразны по внешнему виду, размерам и служебному назначению. Но если внимательно к ним присмотреться, то легко обнаружить, что они состоят из стандартного набора элементов, как здание из кирпичей, плит, оконных рам и т. д. Такими элементами деталей являются различные по форме геометрические поверхности. Наиболее часто детали конструируют из цилиндрических, конических, плоских и винтовых поверхностей. Однако встречаются и более сложные — сферические, параболические и др. Их в технологии определяют одним термином — фасонные. Таким образом, деталь — это, прежде всего, определенный набор элементарных поверхностей. Поэтому первая задача, которую решает станочник, начиная обработку заготовки на станке, заключается в том, чтобы образовать на ней те формы поверхностей, из которых состоит деталь. И чем ближе полученные поверхности будут к своим идеальным прототипам, тем лучше будет выполнена эта задача.

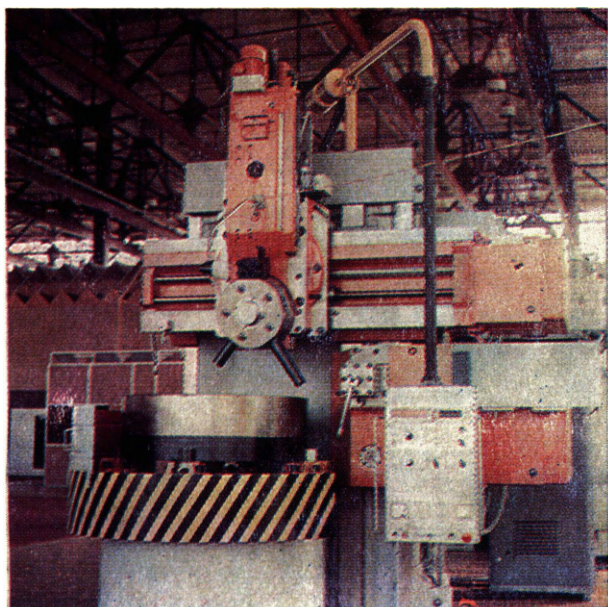
Но сама по себе форма поверхности не может характеризовать ее однозначно. Могут быть детали близкой конфигурации, но одна, например, предназначена для миниатюрного прибора, а другая — для мощной энергетической установки. В чем же разница? В размерах. И вот вторая задача — получение всех поверхностей детали заданного размера — одна из наиболее важ-

требуемого расположения поверхностей, тем правильнее будут располагаться механизмы в работающей машине.

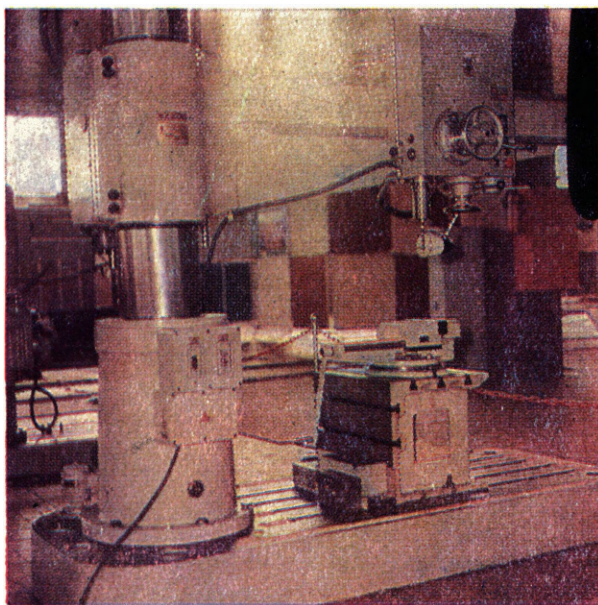
Вот почему третья задача, решаемая станочником, — обеспечение определенного взаимного расположения обрабатываемых поверхностей — одна из наиболее сложных и злободневных. И в этом случае обычно задают допустимые отклонения расположения, которые и должны быть выдержаны при обработке на станке.

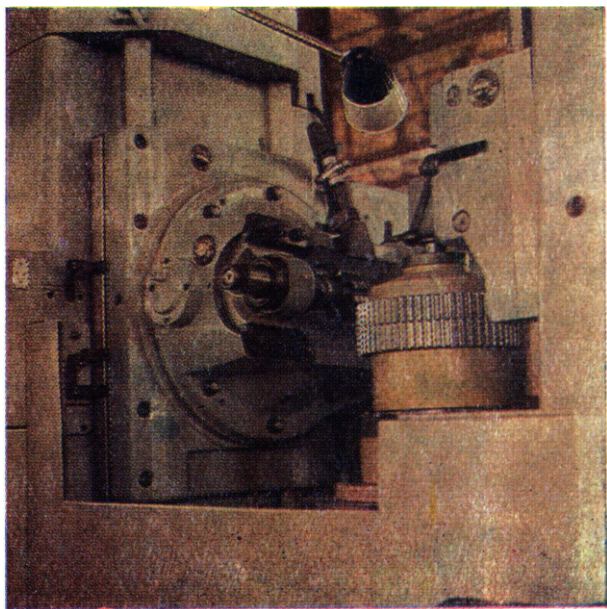
Если вам попадается в руки подшипник качения, шариковый или роликовый, внимательно присмотритесь к поверхностям его колец, шариков или роликов. Легко заметить, что поверхности шариков и роликов, а также те поверхности колец, по которым они движутся, сделаны более тщательно. Невооруженным глазом на них невозможно обнаружить даже малейших изъянов. А вот на остальных поверхностях колец заметны даже мелкие следы обработки. То различие поверхностей, которое бросается в глаза в приведенных примерах, обусловлено различной их шероховатостью. Что такое шероховатость? Давайте посмотрим на обработанную поверхность через микроскоп. И мы увидим, что она состоит из множества выступов и впадин неправильной формы. Именно их маленькие размеры и не позволяют увидеть их невооруженным глазом. Чем больше размер этих микровыступов и микровпадин, тем больше шероховатость поверхности, и наоборот. На чертеже детали для каждой поверхности обязательно оговаривают допустимую шероховатость. И это требование должно быть выполнено при обработке заготовки данной детали. Это и является четвертой задачей станочной обработки.

Как же выполняются эти требования и что для этого необходимо? Во-первых, для резания материала нужен соответствующий инструмент. Во-вторых, для обработки заготовок необходимо соответствующее устройство. Это устройство мы и называем металлорежущим станком. И, наконец, необходим человек, управляющий станком и процессом. Таким образом, превращение заготовки в готовую деталь осуществляет система человек—машина или, другими словами, — станочник—станок. Об элементах этой системы и пойдет речь. Посмотрим, как они содействуют выполнению задач металлообработки, которые мы только что сформулировали.



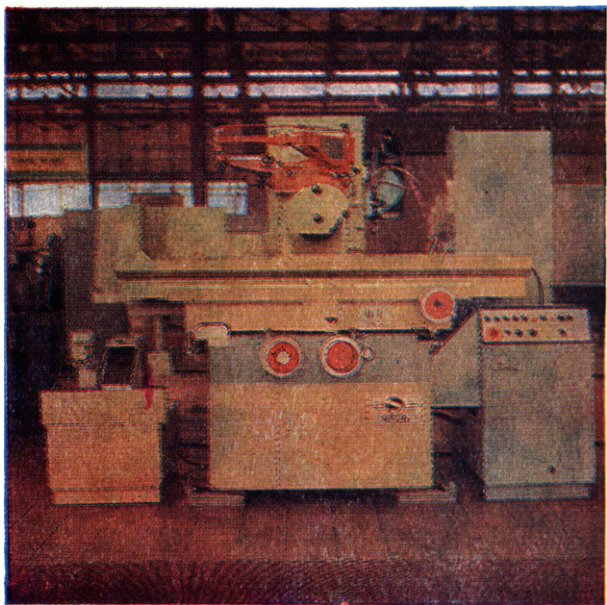
Одностоечный универсальный токарно-карусельный станок.
Такие станки в настоящее время оснащают системами ЧПУ
На радиально-сверлильном станке обрабатывают отверстия
в крупногабаритных заготовках

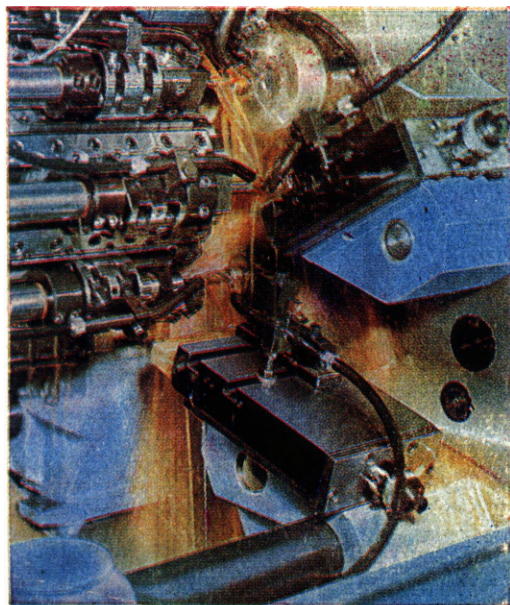




Рабочая зона одного из наиболее распространенных станков для получения зубчатых колес — зубофрезерного

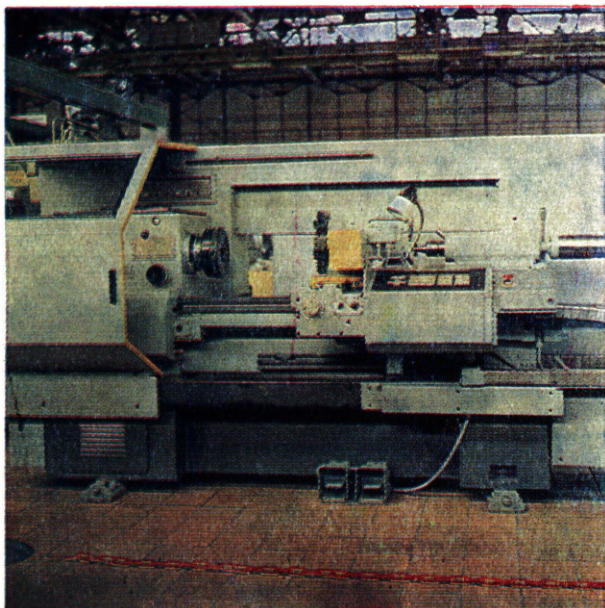
Современные плоскошлифовальные станки позволяют с высокой точностью обрабатывать плоские поверхности деталей машин

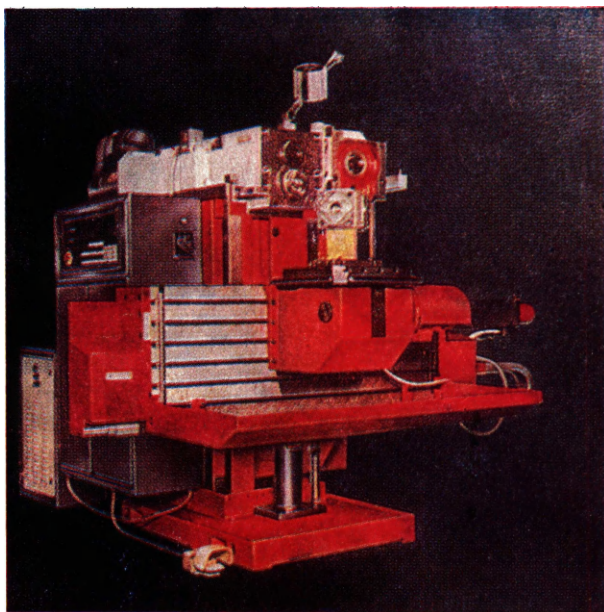




Идет обработка на горизонтальном многошпиндельном токарном автомате.

На таком универсальном токарном станке можно работать как вручную, так и по программе

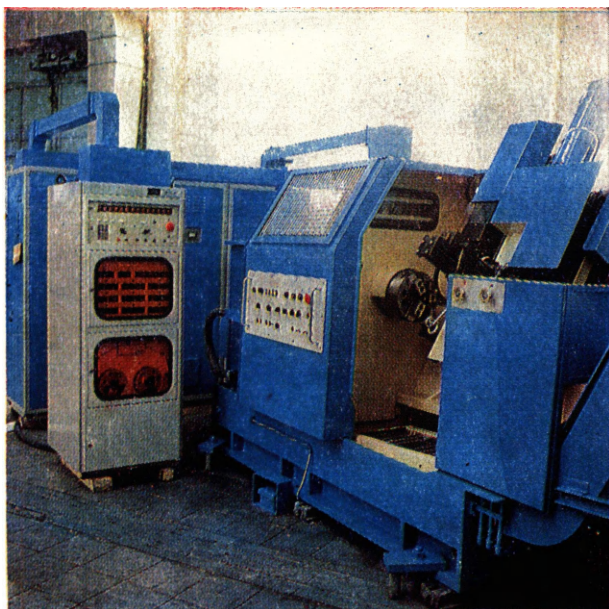




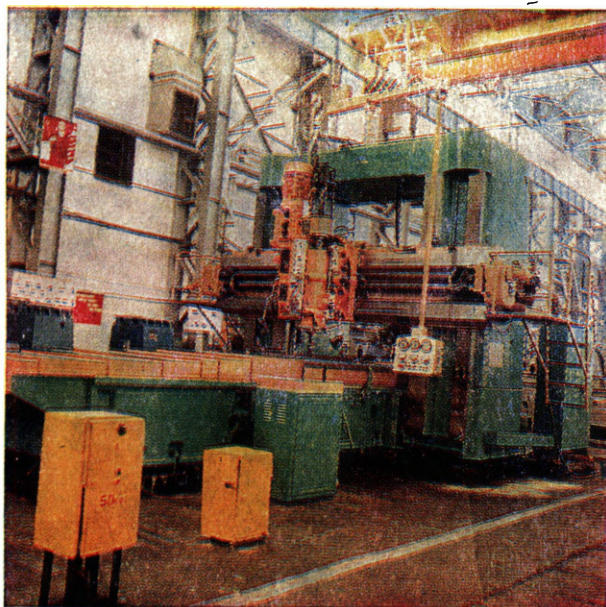
Горизонтально-фрезерный станок для точной и производительной обработки небольших сложных заготовок

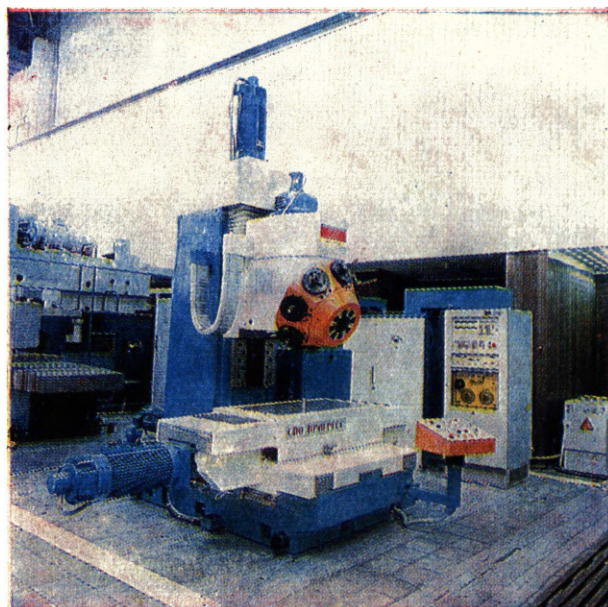
Участок сборки и отладки токарных станков с ЧПУ



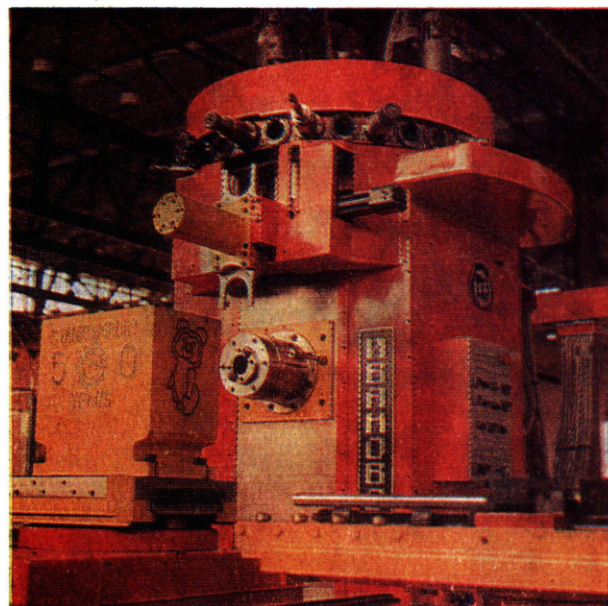


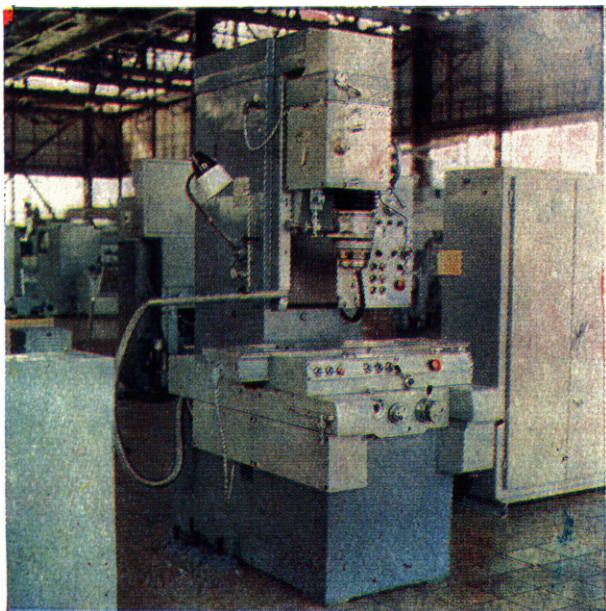
Токарный станок с ЧПУ для обработки заготовок средних размеров, которые широко распространены в технике
Продольно-фрезерный станок с ЧПУ для обработки крупногабаритных деталей со сложными поверхностями





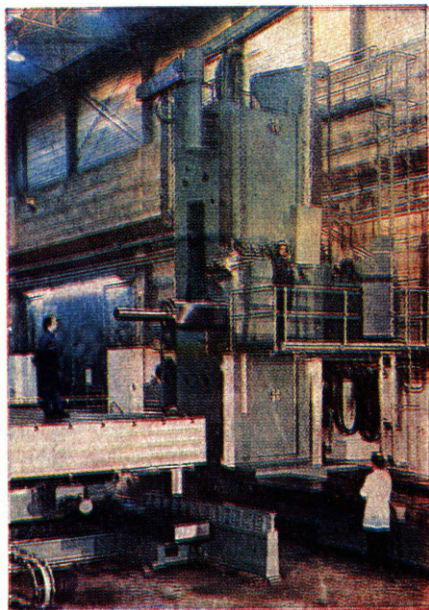
Многооперационный станок с магазином на восемь инструментов для фрезерования сложных контуров деталей, обработки отверстий
Один из самых совершенных отечественных многооперационных станков, его можно встраивать в автоматическую линию

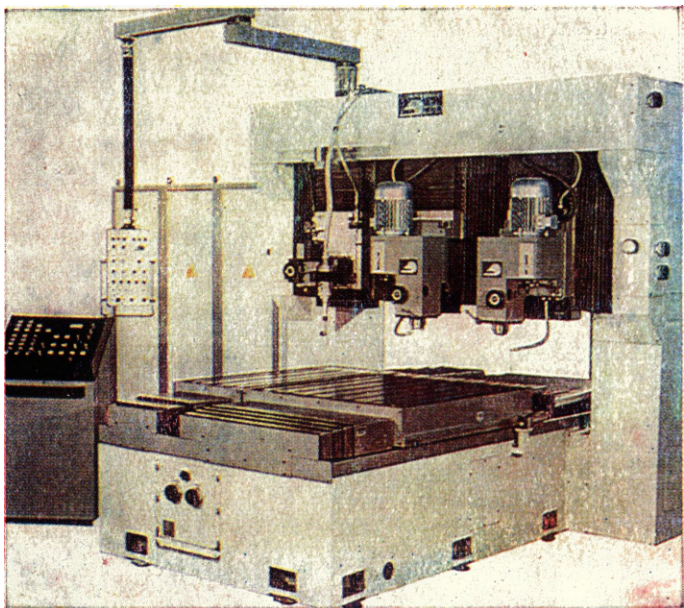




Прецизионные координатно-шлифовальные станки обеспечивают малую погрешность размеров обработанных поверхностей

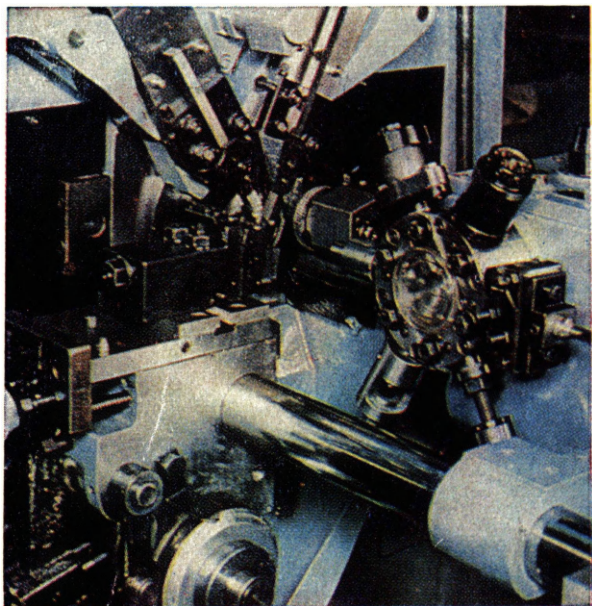
Горизонтально-расточной станок для обработки крупногабаритных уникальных корпусных деталей





Двухшпindelный копировально-фрезерный станок

Зона обработки токарно-револьверного автомата.



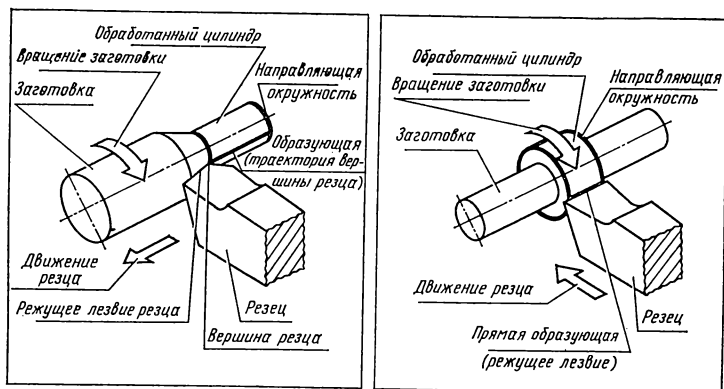
Итак, первая и важнейшая задача заключается в том, чтобы получить заданную форму поверхности. Вспомним, как образуются элементарные геометрические поверхности? Вот, к примеру, самая простая и самая распространенная в технике поверхность — цилиндр. Он имеет прямолинейную образующую и направляющую в виде окружности. Пусть образующая перемещается по направляющей, оставаясь параллельной самой себе. Совокупность всех последовательных положений образующих и является цилиндрической поверхностью.

Изменяя форму направляющей или образующей, можно получить любую поверхность. Так, если образующая представляет собой какую-то кривую линию, а направляющая — окружность, то получается фасонная поверхность вращения. Прямолинейные направляющая и образующая позволяют получить плоскость.

Может возникнуть вопрос, а зачем мы вообще заговорили о геометрии, когда наша тема — металлообработка? Не слишком ли далеки эти области друг от друга? Оказывается нет, они имеют самое непосредственное отношение друг к другу. И объясняется это тем, что принципы формообразования поверхностей деталей машин на металлорежущем станке подобны принципам образования геометрических поверхностей. Разница, конечно, есть, и, в первую очередь, она обусловлена тем, что в отличие от процесса образования геометрических поверхностей в металлообработке мы имеем дело с материальными телами, а не с геометрическими линиями и поверхностями.

Каким же образом при обработке на металлорежущем станке можно получить образующую и направляющую?

Давайте на токарном станке установим заготовку, токарный резец и проведем небольшой эксперимент. Сначала сообщим заготовке вращательное движение и слегка коснемся ее вершиной резца. На поверхности заготовки появится блестящая риска. Не напоминает ли она нам какую-нибудь геометрическую фигуру? Да ведь это самая настоящая окружность! Иначе и не может быть, так как при вращении заготовки траектория движения каждой ее точки — окружность. И каждую такую окружность можно считать направляющей. Таким образом, направляющая возникла вследствие враща-



При обработке на токарном станке цилиндрической поверхности ее образующая и направляющая воспроизводятся за счет движения заготовки и инструмента (слева). Но образующая может воспроизводиться и самим режущим лезвием инструмента (справа).

тельного движения заготовки. А как быть образующей? Подведем инструмент к неподвижной заготовке и слегка коснемся ее вершиной резца. А затем сообщим резцу прямолинейное поступательное движение вдоль оси заготовки. На ее поверхности резец прочертит прямую линию. Но ведь это же и есть образующая: она прямолинейная и параллельна оси поверхности. Теперь сообщим сразу оба движения — вращение заготовки и прямолинейное движение резца вдоль ее оси и получим наружную цилиндрическую поверхность.

Таким образом, мы смогли получить и образующую и направляющую путем соответствующих движений инструмента и заготовки, другими словами, кинематически. А другого способа нет?

Положим, что цилиндрическая поверхность на детали очень короткая, всего несколько миллиметров длиной. Сделаем резец, у которого режущее лезвие будет прямолинейным, а длина — немного больше длины поверхности или равна ей. Но до того как начинать обработку, резец выставим на станке так, чтобы его режущее лезвие было строго параллельно оси вращения заготовки. Подведем резец к заготовке и начнем ее обработку. В каждый момент времени режущая кромка дает образующую поверхность, а вращение заготовки — как обычно — направляющую. В результате получает-

ся цилиндрическая поверхность, но уже другим способом, который называется копированием.

Следовательно, мы убедились, что формообразование поверхностей при точении основано на принципе кинематического воспроизведения образующей и направляющей или на смешанном принципе, когда одна из них воспроизводится кинематически, а другая — копированием формы режущей кромки инструмента. А само кинематическое воспроизведение образующей и направляющей основано на элементарных движениях заготовки и инструмента — вращательном и поступательном.

И какой бы станок мы не взяли, какую бы поверхность на нем не начали обрабатывать, мы обязательно использовали бы один из рассмотренных методов получения производящих линий поверхности. Но способов их кинематического воспроизведения много. И для каждого из них характерны различные число и сочетание элементарных движений. Может быть только одно движение — вращательное или поступательное. Могут быть и два движения: вращательное и поступательное, как при точении и фрезеровании. Только при точении вращательное движение сообщается заготовке, а поступательное — инструменту, а при фрезеровании, наоборот. А может быть и так, что для получения образующей или направляющей потребуется три элементарных движения в различных сочетаниях, например, вращательное и два поступательных, или два вращательных и поступательное. И чем больше элементарных движений инструмента и заготовки требуется для воспроизведения образующих и направляющих, тем сложнее процесс обработки, станок и инструмент.

Итак, мы познакомились с формообразующими движениями при обработке на металлорежущем станке. А теперь давайте отвлечемся от всего, что связано с формообразованием, и рассмотрим сам процесс резания. Ведь мы уже говорили, что при обработке с заготовки всегда снимается определенный слой материала. В этом отношении станочника иногда сравнивают со скульптором. Он тоже должен с заготовки удалить все «лишнее» и тогда получит деталь. Но ведь каждый из нас знает, что процесс резания немыслим без того, чтобы заготовка и инструмент не двигались относительно друг друга. Наша повседневная практика служит постоянным подтверждением этому.

Вы берете пилу и хотите отрезать кусок доски. Что надо для этого сделать? Во-первых, следует пилу двигать возвратно-поступательно, а во-вторых, медленно подавать ее перпендикулярно этому движению до тех пор, пока она не пройдет всю толщину доски. Эти два движения не только имеют различную скорость (это наглядно видно), но и выполняют различные функции. Без возвратно-поступательного движения пилы просто невозможен сам процесс резания, его как такового и не будет. Это движение определяет скорость, с которой мы разрезаем материал. И для различных материалов эта скорость неодинакова: дерево мы можем разрезать с очень большой скоростью, а вот металл — со значительно меньшей скоростью, по крайней мере, если вы это будете делать вручную. А второе движение способствует тому, что под пилу все время попадают новые слои материала. Не будь этого движения, пила, срезав очередной слой, двигалась бы вхолостую. А до каких пор следует совершать второе движение? До тех пор, пока не будет полностью отрезана доска, другими словами, пока не будет срезан весь необходимый слой материала.

Также обстоит дело и при изготовлении деталей на станке. Во-первых, совершенно необходимо движение, которое обеспечивает сам процесс резания. Это движение в металлообработке так и называется — движением резания. Оно определяет скорость разрушения материала заготовки режущим инструментом. Характеризуем мы это движение его скоростью, которая по аналогии называется скоростью резания. А второе движение так же, как и в приведенном нами примере, обеспечивает срезание с заготовки всего слоя материала, подлежащего удалению. Оно постоянно заставляет инструмент врезаться во все новые и новые слои материала, пока он не будет срезан полностью. И называют это движение движением подачи или, для краткости, — подачей. Его скорость во много раз меньше скорости резания.

Давайте посмотрим на эти движения, например при точении. Движением резания в этом случае является вращательное движение заготовки независимо от того, какие поверхности и каким инструментом обрабатываются. А движение подачи всегда совершает инструмент, двигаясь поступательно параллельно оси заготовки

(продольная подача), перпендикулярно ее оси (поперечная подача) или одновременно в обоих направлениях. Только при наличии этих двух движений можно удалить с заготовки весь слой материала и получить обработанную поверхность.

Но что же получается? Ведь эти движения мы уже рассматривали. Это — движения формообразующие. Нет ли здесь ошибки, не об одних и тех ли движениях мы говорим? Нет, просто одно и то же движение часто имеет два назначения. Так, в нашем случае вращение заготовки, с одной стороны, действительно является формообразующим движением. Оно позволяет воспроизвести в процессе обработки направляющую. С другой стороны, оно будет и движением резания. Движение инструмента также может выполнять две функции одновременно. Оно воспроизводит образующую и одновременно является движением подачи. Именно так обстоит дело, например, при обработке цилиндра с продольной подачей инструмента. Но так бывает не всегда. К примеру, когда образующая цилиндра воспроизводится копированием режущего лезвия инструмента, подача инструмента к формообразованию не имеет никакого отношения.

Все те движения, которые выполняют заготовка и инструмент непосредственно в момент резания, принято называть основными движениями. Этим термином хотят подчеркнуть не только их значение для процесса обработки, но и их отличие от других движений, которые совершают инструмент и заготовка до начала обработки. Последние движения называют вспомогательными, или установочными. Их цель состоит в том, чтобы перед началом обработки установить заготовку и инструмент в правильное взаимное положение. Что значит правильное?

Вот здесь мы и подошли к тому, как решается вторая и третья задача обработки резанием — получение заданных размера и взаимного расположения обработанных поверхностей. Посмотрите на ту схему, которая показывает обработку цилиндра с продольной подачей инструмента. Чем определяется длина обработанного цилиндра? Моментом выключения продольной подачи. Значит, изменяя длину пути инструмента в процессе резания, можно получить любую заданную длину обработки. А диаметр цилиндра? Его размер задается еще

до того, как началось резание. Все зависит от того, в какое положение будет установлен предварительно резец, вернее его вершина, относительно оси вращения заготовки. Это перемещение инструмента принято считать вспомогательным, но вы видите, какое значение оно имеет для конечного результата обработки. Точно так же и взаимное расположение различных поверхностей достигается за счет того, что перед обработкой каждой из них заготовка и инструмент должны быть соответствующим образом установлены относительно друг друга.

Но невозможно говорить о металлообработке и не упомянуть о режущих инструментах. Наука об инструментах очень сложна, и здесь трудно осветить даже самые основные ее положения.

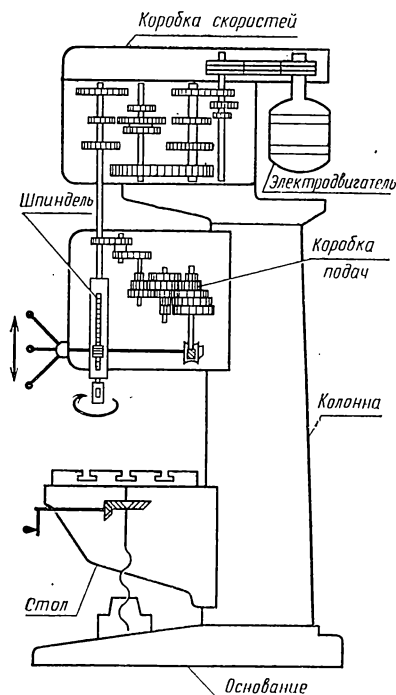
В современном производстве используют огромное количество разнообразного инструмента. Некоторый может быть знаком вам по бытовой практике, например сверла, о другом — токарных резцах, фрезах — вы слышали, о существовании третьего — и не подозреваете. Одни инструменты появились на заре зарождения обработки материалов, и мы о них уже говорили, другие были изобретены в эпоху промышленного переворота, третьи — разработаны или разрабатываются уже в наше время. И все они прежде всего различные конструктивные оформления одного и того же физического тела — клина. И потому столовый или кухонный нож, топор и другие бытовые орудия оказываются ближайшими родственниками самого сложного промышленного режущего инструмента.

Из практики все мы знаем, что чем острее инструмент, тем легче им резать. Это правило существует и в металлообработке. Но понятие остроты должно быть уточнено. Во-первых, под ним можно понимать угол заострения клина. Во-вторых, оно характеризует состояние режущей кромки инструмента. Выбор угла заострения клина — это очень сложная задача. С одной стороны, чем острее клин, тем легче он внедряется в обрабатываемый материал и разрушает его. Но, с другой стороны, уменьшение угла заострения клина снижает его прочность. Поэтому в зависимости от того, какой материал обрабатывают, какой толщины слой материала снимают с заготовки, каждый раз выбирают определенный угол заострения клина. Мы не можем здесь

даже перечислить все, что необходимо учитывать, когда конструируют режущую часть даже сравнительно простого инструмента. Идеальным случаем была бы абсолютно острая режущая кромка. Для этого необходимо, чтобы поверхности, образующие клин, пересекались строго по прямой. Правда добиться этого даже самыми современными методами заточки практически невозможно. Однако получить хорошее лезвие при изготовлении инструмента — это полдела. Надо добиться, чтобы оно как можно дольше таким оставалось в процессе резания. А на состояние режущей части инструмента в процессе его работы большое влияние оказывает материал, из которого он сделан. В прошлом инструментальных материалов было немного и выбирать-то особенно было не из чего. Но ведь и обрабатываемых материалов с различными свойствами было тоже немного. А в наше время одних только конструкционных материалов используют в промышленности несколько тысяч марок, и каждая из них обладает только ей присущими свойствами. И для каждого материала необходимо подобрать такой инструментальный материал, который позволит обработать его качественно и с наибольшей производительностью.

Почти все современные инструментальные материалы получают искусственно. Задача эта не простая. Чтобы создать инструментальный материал, удовлетворяющий требованиям передового производства, ученым и инженерам приходится решать сложнейшие проблемы. Ведь он должен быть намного прочнее и тверже, чем обрабатываемый материал, хорошо противостоять изнашиванию, не терять прочность при такой температуре, при которой многие металлы и их сплавы уже плавятся, и обладать еще целым рядом свойств.

И наша промышленность имеет удивительные инструментальные материалы. Приведем только один пример. Еще совсем недавно недостижимым по твердости считался природный алмаз. Его широкому применению в промышленности способствовало открытие в Якутии большого месторождения. И казалось, что ничего совершеннее человек создать не может. Но советские ученые получили материал эльбор-Р, который практически не уступает алмазу по твердости. Однако искусственно созданный человеком инструментальный материал не просто близок к природному эталону. Он по ряду свойств



Принципиальное устройство современного универсально-сверлильного станка

далеко его превзошел. Прочность эльбора-Р в несколько раз выше, чем алмаза, а свою твердость он сохраняет при нагреве до температуры 1300—1400 °С, в то время как алмаз теряет твердость при нагреве свыше 800 °С. И таких инструментальных материалов с каждым годом становится все больше. Наряду с ними по-прежнему широко используются режущие инструменты из различных инструментальных сталей и твердых сплавов.

На базе традиционных инструментальных материалов ученые и инженеры создают новые, которые отвечают самым высоким требованиям промышленности.

Так, одним из замечательных достижений инструментальной промышленности последнего времени являются твердосплавные инструменты, режущие части которых имеют многослойные покрытия из специальных материалов. Они значительно увеличивают срок службы инструментов и позволяют использовать их для обработки заготовок из самых прочных и «капризных» материалов.

А теперь посмотрим, что собой представляет устройство для обработки заготовок, которое мы называем станком. В первую очередь он должен быть сконструирован и изготовлен так, чтобы обеспечивались те движения заготовки и инструмента, которые необходимы для формообразования поверхностей.

Помимо этого, станок должен иметь механизмы, с помощью которых производится установка заготовки и инструмента в правильное взаимное положение перед об-

работкой. Только в этом случае при обработке будут получены заданные форма, размеры и взаимное расположение поверхностей детали. Кроме того, скорости движения рабочих органов должны регулироваться в заданных пределах для обработки материалов с различными физико-механическими свойствами. И, конечно, как всякая машина, образующая с человеком единую систему, станок должен быть удобным в управлении.

У станков рабочими органами являются те, которые несут заготовку или инструмент. Называются они по-разному. Тот рабочий орган, который совершает движение резания, обычно называют шпинделем станка (токарный, фрезерный). Однако в тех случаях, когда движение резания носит возвратно-поступательный характер, выполняющий его рабочий орган называют столом или ползуном (у строгальных станков). Рабочий орган, совершающий движение подачи, у разных станков называют по-разному: у токарного станка — суппорт, у фрезерного — стол. У некоторых станков рабочий орган один, и он совершает оба движения, необходимые для обработки заготовки. Так, например, сделано у вертикально-сверлильного станка. К сожалению, единой терминологии для рабочих органов металлорежущих станков нет. Это объясняется очень большим разнообразием конструкций и в некоторой степени историческими традициями — ведь одни станки существуют уже тысячи лет, и названия их рабочих, да и не только рабочих органов передавались из поколения в поколение, а другим станкам нет еще и десятка лет. И при их создании пользовались уже современной терминологией.

Рабочие органы станков, как и любой машины, необходимо приводить в движение. Для этого станки снабжаются двигателями. Часто каждый рабочий орган имеет свой двигатель. Движение от двигателя передается к рабочим органам с помощью передаточных устройств. Обычно в качестве передаточных устройств в металлорежущих станках используют зубчатые, ременные, винтовые, гидравлические и другие передачи.

В цепочке механизмов, передающих движение от двигателя к рабочему органу, как правило, имеется специальное устройство для регулирования скорости. Например, в систему передач, которые обеспечивают движение резания, входит узел, называемый коробкой

скоростей. Совсем, как у автомобиля. Включая рукоятками управления те или иные зубчатые передачи коробки скоростей, можно ускорять или замедлять движение рабочего органа. Такое же устройство имеется и в системе передач, обеспечивающих движение подачи рабочего органа универсального станка. Только оно называется уже коробкой подачи.

Мы говорили о том, что некоторые рабочие органы станка совершают не вращательное движение, а поступательное, например, суппорт с инструментом у токарного станка. В то же время электродвигатели, применяемые в станках, сообщают механизмам станка вращательное движение. Поэтому в системе передаточных механизмов обязательно должны быть предусмотрены такие механизмы, которые не просто передают движение от одной детали к другой, но и преобразуют вращательное движение в поступательное. В станках чаще всего в качестве таких механизмов применяют реечную или винтовую передачу.

Все узлы станка объединены в единое устройство станиной. Она служит не только для закрепления всех механизмов и устройств в строго заданном положении относительно друг друга, но и обеспечивает требуемое относительное их перемещение.

С точки зрения производительности обработки большое значение имеет конструкция управляющих устройств, особенно в станках с ручным управлением. Несмотря на то, что они, казалось бы, не имеют непосредственного отношения к процессу формообразования поверхностей, им уделяется очень большое внимание при конструировании станка. Удобство управления станком — необходимое условие не только производительной работы станочника, но и высокого качества деталей. Удобное управление меньше утомляет станочника, позволяет ему точнее и быстрее производить настройку станка. У современного неавтоматизированного станка управление производится многочисленными рукоятками и кнопками. Например, рукоятками токарь вручную перемещает суппорт с инструментом в продольном и поперечном направлениях. Рукоятками он переключает скорости в коробках скоростей и подачи. Рукоятками и кнопками ускоренно перемещает суппорт от специального электродвигателя, что значительно повышает производительность труда.

Заканчивая рассказ о принципиальном устройстве металлорежущего станка, мы напоминаем о его рукоятках управления. Тем самым мы как бы говорим о той роли, которую должен играть станочник в системе человек—машина. Да, он действительно управляет станком. Но не только станком. От станочника зависит, как будет производиться обработка и каковы будут ее результаты. Может возникнуть вопрос: а как станочник может влиять, например, на процесс формообразования? Ведь образующая и направляющая воспроизводятся путем движения рабочих органов, а они движутся механически без участия станочника. В действительности все обстоит гораздо сложнее. Возьмем, к примеру, обработку на токарном станке. Это только теоретически можно получить направляющую в виде окружности, а образующую в виде прямой. Мы не можем изготовить такой станок, у которого рабочие органы двигались бы так идеально. Значит, уже сам станок не позволяет получить идеально обработанные поверхности. А в процессе резания возникают силы резания, которые деформируют заготовку, приспособление, детали станка и инструмент. Поэтому фактические образующая и направляющая еще больше будут отличаться от идеальных. А теплообразование при резании? Оно приводит к нагреву всех близко расположенных к зоне резания элементов: деталей станка, заготовки, инструмента. Например, чем дольше режет инструмент, тем больше он нагревается, увеличиваются его линейные размеры. Он как бы неравномерно приближается к заготовке. И поэтому траектория его вершины — это сложная кривая линия. Как видите, реальный процесс формообразования далек от теоретического. На разных станках при обработке различных заготовок и материалов эти процессы имеют свои особенности. И умение, опыт станочников могут стать решающим фактором повышения качества и производительности работы системы человек — машина.

Современные станки и станочные профессии

Да, на протяжении тысячелетий токарный станок был единственным устройством для получения деталей с правильной геометрической формой поверхностей. И токарь был единственным представителем станочных

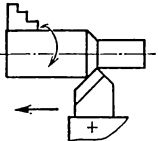
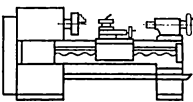
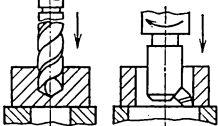
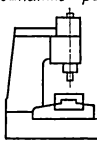
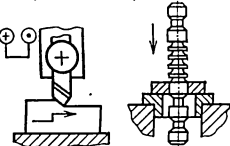
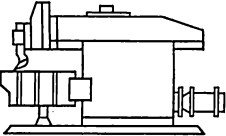
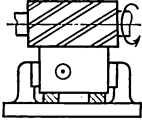
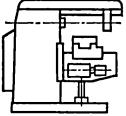
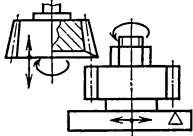
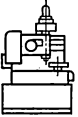
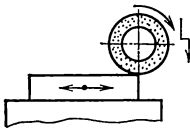
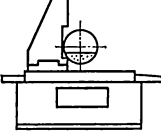
профессий. Потребности производства эпохи промышленного переворота способствовали открытию новых технологических методов обработки металлов и созданию новых видов металлорежущих станков. Круг станочных профессий значительно пополнился. Но подлинный расцвет станочного дела начался уже в нашем веке.

Потребности общества — это лучший катализатор новых технических идей, на основе которых рождаются новые методы обработки и машины. А современные потребности — это, прежде всего, большое разнообразие и высокое качество изделий. Поэтому в нашем веке по мере развития техники постоянно совершенствовали традиционные методы обработки и станки, а также разрабатывали новые. Соответственно возникали новые станочные профессии и изменялось содержание старых.

Станки современных моделей отличаются от своих предшественников большей мощностью и быстроходностью. Поэтому на них можно с высокой скоростью срезать с заготовки большой слой материала. Конструкция важнейших узлов, точность изготовления деталей, из которых они состоят, превосходит все, что когда-либо делалось промышленным способом. В станках появились устройства, значительно облегчающие труд станочника. Расширилась универсальность станков. Теперь на них можно выполнять больший круг работ, чем в прошлом веке.

Но наряду с универсальными станками современному производству, как никогда, требуются специальные и специализированные станки. Специальные станки предназначены для изготовления в больших количествах и с большой производительностью одной или в крайнем случае нескольких близких по размерам и конфигурации деталей. В первую очередь потребность в таких станках испытывает автомобильная и тракторная промышленности. Эти станки проще по устройству универсальных станков, но во много раз производительнее. Специализированные станки занимают промежуточное положение между универсальными и специальными. Они предназначены для обработки деталей какого-то одного класса, например валов. Такая специализация дает возможность в максимальной степени приспособить их для такой цели и тем самым повысить производительность и точность обработки по сравнению с универсальными станками.

Наиболее распространенные типы современных металлорежущих станков

<i>Схемы обработки поверхностей</i>	<i>Общие виды станков</i>	<i>Типы станков</i>
<p align="center"><i>Точение</i></p> 	<p align="center"><i>Токарно-винторезный</i></p> 	<p><i>Токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные, многорезцовые полуавтоматы, одношпиндельные и многошпиндельные автоматы</i></p>
<p><i>Сверление</i> <i>Растачивание</i></p> 	<p align="center"><i>Координатно-расточный</i></p> 	<p><i>Вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные, горизонтально-сверлильные, горизонтально-расточные, координатно-расточные, алмазно-расточные</i></p>
<p><i>Строгание</i> <i>Протягивание</i></p> 	<p align="center"><i>Поперечно-строгальный</i></p> 	<p><i>Поперечно-строгальные, продольно-строгальные, долбежные, горизонтально-протяжные, вертикально-протяжные, протяжные непрерывного действия</i></p>
<p align="center"><i>Фрезерование</i></p> 	<p align="center"><i>Горизонтально-фрезерный</i></p> 	<p><i>Горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, продольно-фрезерные, копировально-фрезерные, полуавтоматы</i></p>
<p align="center"><i>Зубодолбление</i></p> 	<p align="center"><i>Зубодолбежный</i></p> 	<p><i>Зубофрезерные, зубодолбежные, зубострогальные</i></p>
<p align="center"><i>Шлифование</i></p> 	<p align="center"><i>Плоскошлифовальный</i></p> 	<p><i>Круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные, бесцентровошлифовальные, заточные, специальные</i></p>

В результате совершенствования старых и создания новых станков в настоящее время образовались группы станков. Среди них можно назвать наиболее распространенные группы современного производства — токарные, фрезерные, сверлильные и расточные, строгальные, зубообрабатывающие, резьбообрабатывающие, шлифовальные и отделочные.

Вот токарные станки. Вы уже знаете, что они предназначены для обработки на заготовках поверхностей вращения.

В настоящее время сложилась значительная группа сверлильных и расточных станков, которая играет большую роль на производстве. Вообще-то растачивание как технологический метод ближе к точению. Но учитывая, что растачивание, как и сверление, предназначено для обработки отверстий, эти, в общем-то разные, станки объединены в одну группу.

Сверлильные станки наряду с традиционными вертикально- и горизонтально-сверлильными включают в себя радиально-сверлильные и различные специальные. На всех сверлильных станках можно получить отверстие в сплошном материале, рассверлить его до большего диаметра. Кроме этих работ на них нарезают внутреннюю резьбу и выполняют целый ряд специфических операций с отверстиями.

Увеличение числа крупногабаритных и тяжелых заготовок вызвало большие трудности при использовании для их обработки обычных вертикально-сверлильных станков. Ведь для сверления каждого последующего отверстия на одной и той же заготовке ее необходимо открепить и переместить относительно инструмента. Переместить так, чтобы ось инструмента точно совпала с тем местом, где должна быть ось будущего отверстия. Затем заготовку опять нужно закрепить. И только после этого можно продолжить обработку. Когда заготовка небольшая и нетяжелая, станочник, имея определенный опыт, достаточно быстро и точно выполнит эту операцию. Но представьте себе заготовку станины металлорежущего станка, в которой необходимо просверлить много отверстий и в них нарезать резьбу. Конечно, вручную перемещать ее вообще невозможно. Выполнить такую процедуру можно краном. Только насколько это будет приведено точно?

Именно поэтому для обработки таких заготовок и был создан радиально-сверлильный станок. При работе на нем заготовка остается неподвижной. А шпиндель вместе с инструментом можно перемещать относительно нее и устанавливать в требуемое положение с малой погрешностью.

На сверлильных станках нельзя обрабатывать отверстия большого диаметра. Для этого применяют расточные станки. В прошлом веке был создан горизонтально-расточный станок, правда, назывался он горизонтально-фрезерным, или фрезе-сверлильным. И это действительно говорит о его универсальности. На расточных станках можно не только выполнять те же работы, что и на сверлильных, но фрезеровать, растачивать и даже обтачивать наружные поверхности вращения. Расточный станок — своего рода комбайн. Но все эти виды работ обычно выполняют на корпусных заготовках. Собственно для их обработки расточные станки и предназначены. Кроме горизонтально-расточных созданы и другие типы — координатно-расточной и алмазно-расточной.

Своего рода «аристократами» среди станков являются координатно-расточные. Они предназначены для изготовления самых ответственных деталей. Наиболее типичной работой на них бывает обработка отверстий с малыми отклонениями их взаимного расположения. На таких станках предусмотрено специальное отсчетное устройство, например оптическое, с помощью которого можно производить перемещения заготовки относительно инструмента с погрешностью не более 0,001 мм. Сам станок изготавливают очень тщательно. Во многих случаях его даже используют как контролирующее устройство, например, для контроля отклонений размеров на обработанных корпусных деталях.

Координатно-расточные станки требуют особых условий эксплуатации. В частности, они могут правильно работать только в условиях термостатного помещения. Это такое производственное помещение, в котором температуру и влажность постоянно поддерживают в строго определенных пределах. Например, температура независимо от времени года и суток должна быть $20 \pm 1^\circ\text{C}$.

Алмазно-расточные станки применяют для окончательной обработки отверстий ответственных корпусных

деталей станков, цилиндров авиационных и автомобильных двигателей и т. п.

Отдельную группу станков составляют строгальные и протяжные. И поперечно- и продольно-строгальные станки широко применяли для обработки плоскостей еще в прошлом веке. Первые — для обработки небольших заготовок, вторые — для изготовления крупногабаритных корпусов. Существенным недостатком строгальных станков являются непроизводительные затраты времени на вспомогательный ход. Это свойственно почти всем механизмам, которые совершают возвратно-поступательное движение. Поэтому считают, что эти станки устарели. Правда, еще в прошлом веке в технической литературе подчеркивали, что фрезерные станки предпочтительнее строгальных. Но, несмотря на это, строгальные станки продержались почти столетие и в настоящее время успешно применяются в промышленности; мало того, начат выпуск продольно-строгальных станков с ЧПУ.

Область применения протяжных станков постоянно расширяется. Если первоначально их стали применять в крупносерийном и массовом производстве, то в последнее время их используют и для изготовления небольших партий деталей. Протягивание осуществляют протяжками, которые относят к наиболее сложным современным режущим инструментам.

Протяжные станки для внутреннего протягивания позволяют с большой точностью обрабатывать отверстия любой формы поперечного сечения: круглые, квадратные, прямоугольные и др. На протяжных станках для наружного протягивания можно получить любые наружные поверхности, в том числе и фасонные линейчатые. Главное достоинство протягивания — высокие производительность и качество обработки.

Станки фрезерной группы составляют значительную часть станочного парка. Плоские поверхности на заготовках небольших габаритов обрабатывают на горизонтальных или вертикальных фрезерных, а корпусные заготовки крупных деталей — на продольно-фрезерных станках. Наряду с этими универсальными станками применяют фрезерные станки других типов, предназначенные для выполнения определенных работ или для работы в специфических производственных условиях. К таким станкам относят шпоночно-фрезерные, карусель-

но- и барабанно-фрезерные, копировально-фрезерные станки. Карусельно- и барабанно-фрезерные станки относят к станкам непрерывного действия и применяют в массовом производстве. У этих станков стол выполнен в виде карусели или барабана, которые непрерывно вращаются соответственно относительно вертикальной и горизонтальной осей. А станочник, не останавливая станка, устанавливает заготовки в быстродействующие приспособления и снимает изготовленные детали.

Наследниками «виртуозов» по изготовлению художественных изделий являются фрезеровщики копировально-фрезерных станков. И потребность в продукции таких станков в промышленности очень велика. Достаточно сказать, что именно на таких станках изготовляют самый сложный инструмент для штамповки на прессах, например, деталей кузова современного легкового автомобиля, да и не только легкового. Обычно эти детали являются сложным сочетанием плоских, цилиндрических, конических и фасонных поверхностей. Значит и штамп, в котором формообразуется эта деталь автомобиля, должен иметь точно такую же поверхность. И такие штампы делают на копировально-фрезерных станках, обычно по деревянным моделям.

Значительную роль в современном машиностроении играют зубо- и резьбообрабатывающие станки. Это объясняется огромным числом зубчатых колес и деталей с резьбой, которое требуется для современных машин.

Применяют в промышленности зубодолбежные, зубострогальные и другие зуборезные станки. Но, несмотря на все свои преимущества, зуборезные станки не обеспечивают того качества зубчатых колес, которое требуется для современных изделий. Поэтому нарезанные зубчатые колеса подвергают отделке. Группа станков для отделки зубчатых колес постоянно расширяется и необходимость в них все время увеличивается. К ним относятся зубошлифовальные, зубошвинговальные станки, станки для притирки зубчатых колес и другие станки.

В наше время особую роль приобрели шлифовальные и отделочные станки. Можно сказать, что без них практически невозможно сделать совершенную машину. Сейчас широко используют давно известное преимущество абразивной обработки — высокое качество обрабо-

танной поверхности. Но все большее значение приобретает размерная обработка абразивным инструментом. Именно шлифование позволяет получить правильную геометрическую форму обработанной поверхности. А способность абразивных зерен срезать с поверхности заготовки мельчайшие частицы материала дает возможность оставлять под шлифовку очень маленькие припуски. Поэтому в стружку уходит крайне незначительная часть материала. В этом отношении методы абразивной обработки очень экономичны. Они близки к безотходной технологии, которая в наше время приобретает очень большое значение. И, наконец, обработка абразивным инструментом все чаще становится единственным методом получения деталей из новых высокопрочных и твердых материалов. Поэтому практически нет в наше время производства, на завершающих этапах которого детали не подвергались бы шлифованию, полированию, притирке, хонингованию на соответствующих станках.

Картина будет неполной, если мы не упомянем еще одну группу станков, которая начала формироваться тридцать с небольшим лет тому назад. Тем более, что развивается она в наше время быстрыми темпами. Речь идет и о привычных уже на производстве станках для электроэрозионной обработки, и о только внедряющихся станках для лазерной обработки. А между этими двумя типами станки для ультразвуковой, электронно-лучевой, электрохимической обработки и т. д. Но это уже разговор особый...

Конечно, в таком кратком обзоре мы смогли упомянуть только самые распространенные станки в каждой группе. Да и не все группы мы смогли рассмотреть.

Следует сказать, что станки различных типов могут выпускаться различных классов точности: нормального, повышенного, высокого, особо высокого и особо точного. Но и это еще не все. Станки одного типа выпускают по размерным рядам. Размерным рядом называют однотипные станки, имеющие разные основные размеры. Например, стандартом предусмотрено тринадцать размеров токарно-карусельного станка с наибольшим диаметром заготовки 0,8—16 метров.

Таким образом, число различных станков, применяемых в современном производстве, очень велико. Наша промышленность каждый год выпускает более двух-

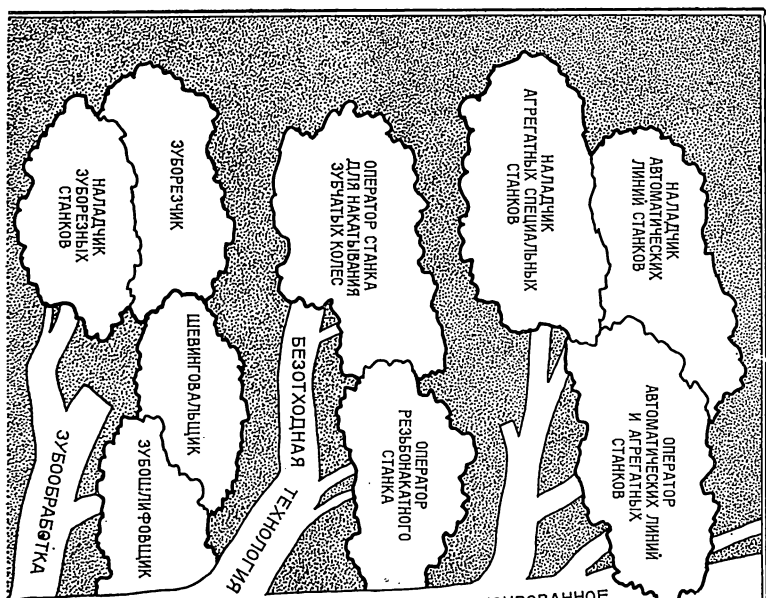
сот тысяч металлорежущих станков около 2000 моделей. Несколько десятков моделей в конце прошлого века и выше двух тысяч сейчас!

А как обстоит дело с современными станочными профессиями? Значит ли, что на станках каждой модели может работать особый специалист? Или в наше время все настолько подготовлены, что каждый станочник может работать на любом металлорежущем станке?

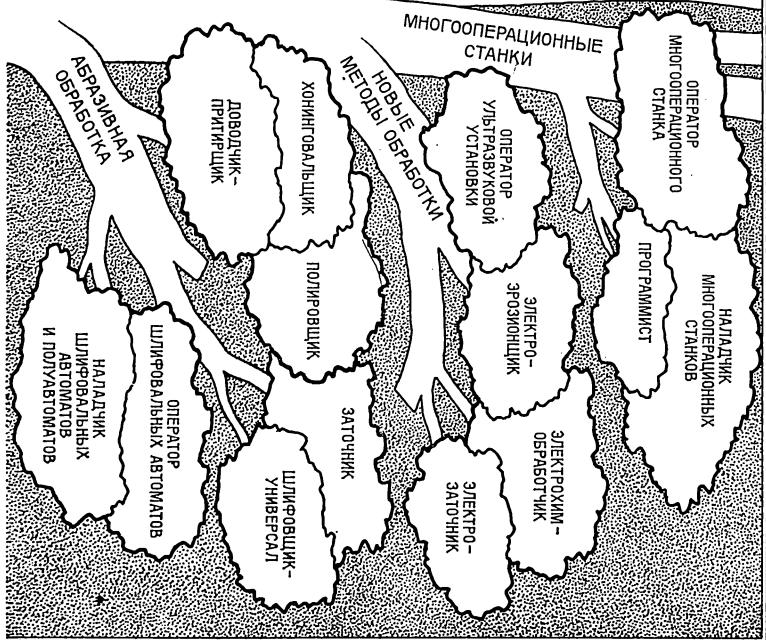
Станки каждой группы имеют не только специфические особенности устройства, но и вполне определенную область применения. В соответствии с этим в настоящее время сложились профессиональные группы станочников: токарей, фрезеровщиков, сверловщиков, шлифовщиков, строгальщиков, резьбо- и зубообработчиков. Имеется и группа станочных профессий, связанная с безотходной технологией обработки на основе методов пластической деформации поверхностных слоев заготовки. Наряду с ними в последние годы сложилась совершенно новая профессиональная группа станочников. В их руках инструментом стал ультразвук, электричество, химическая энергия, свет, электроны, плазма. Однако закономерности формообразования поверхностей деталей остались прежними. Поэтому станки, работающие новыми инструментами, по устройству имеют много общего с обычными металлорежущими станками. А представители таких экзотических профессий, как электроэрозионщик, электрохимобработчик или оператор ультразвуковой установки не отделились от станочников, а образовали среди них новую профессиональную группу.

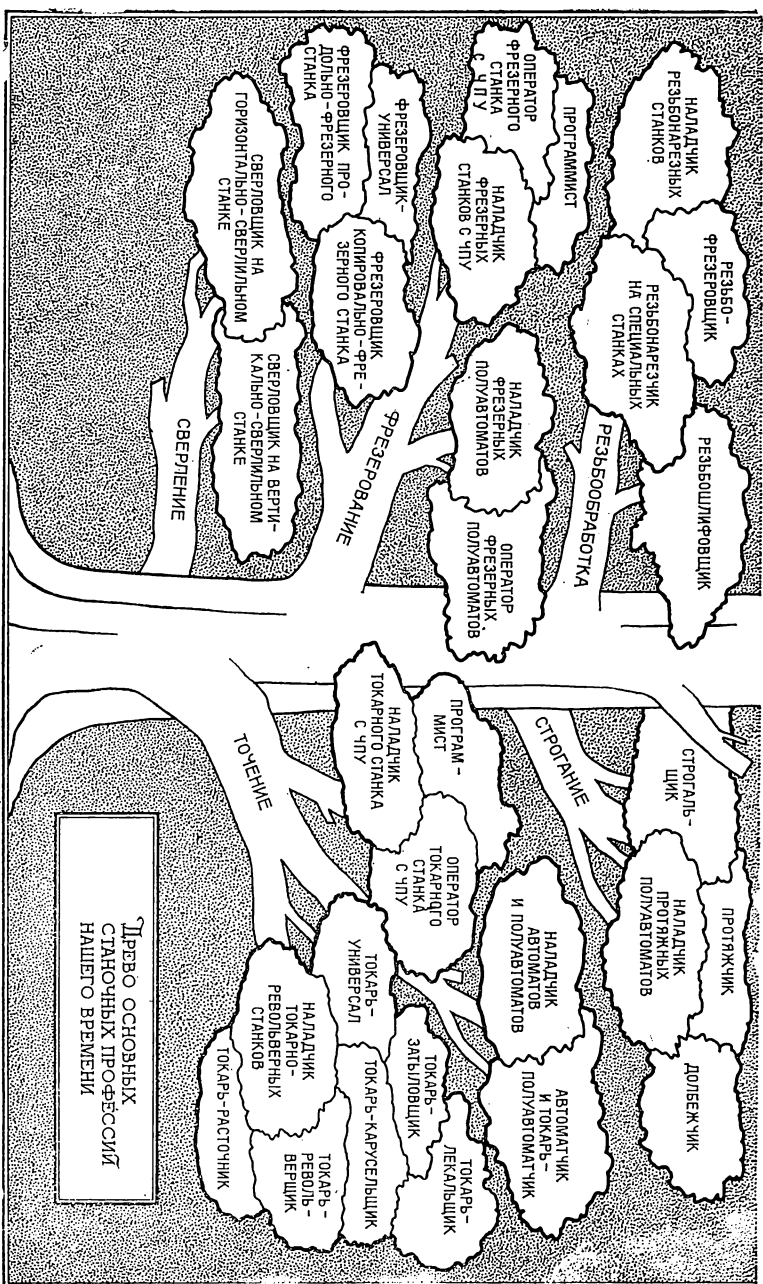
И теперь древо станочных профессий стало ветвистым и густолиственным. Его могучие ветви держат листья старых традиционных станочных профессий. Но особенно много листьев на молодых побегах. Они показывают зарождение и развитие новых станочных профессий. Почему же так много ветвей у старого дерева?

Усложнение станков, инструментов, технологии обработки все в большей степени способствуют тому, что профессиональные группы станочников как бы обособляются. Между ними усиливаются различия. Высокая квалификация представителей каждой из профессиональных групп связана со все большей их специализацией. Чтобы стать мастером своего дела, токарю, фрезеровщику, шлифовщику и представителям других про-



АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ
МАССОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО





фессиональных групп необходимо постоянно углублять знания в своей области, развивать навыки работы на станках определенной группы. Это, так сказать, специализация станочников по профессиональным группам. Одновременно происходит специализация станочников внутри каждой профессиональной группы. Это привело к дифференциации профессий станочников.

Представители каждой профессиональной группы разделились на две большие подгруппы. Одни из них стали работать на станках, предназначенных для выполнения самых разнообразных работ. Эти станки стали называть универсальными, а самих станочников — универсалами. Другие станочники стали обслуживать станки, которые предварительно настраивались на изготовление определенной детали или группы очень близких деталей. Для этого потребовалось в станки внести такие конструктивные новшества, которые позволяли бы их предварительно настраивать. Например, среди станков токарной группы еще в конце прошлого века появились токарно-револьверные станки, которые в последующее время усовершенствовались и в настоящее время широко применяются для изготовления значительного числа одинаковых деталей. Для предварительной настройки этих станков, устройство которых стало намного сложнее, чем устройство их предшественников, возникла новая специальность — наладчик. Сам процесс наладки отличается от процесса обработки, он требует особых знаний и приемов работы. Кроме всего прочего от наладчика требуется особо высокие качество работы и, можно сказать, надежность. Ведь от того, как будет налажен станок, зависит и качество деталей и производительность обработки на нем.

Растет число наладочных профессий. Появляются все новые станки, которые требуют предварительной наладки. Усложняются функции наладчиков. Есть наладчики токарных и фрезерных, зуборезных и шлифовальных станков, станков с ЧПУ, различных специальных и так далее. Что касается того станочника, который непосредственно работает на станке, то его функции заметно изменились. Во-первых, у него появилась возможность обслуживать несколько станков, он стал многостаночником. А во-вторых, изменился характер управления процессом обработки. Станочнику теперь нет необходимости многократно контролировать размеры каж-

дой поверхности детали, самому решать проблему, как и в какой последовательности обрабатывать различные поверхности детали. Но не следует понимать его задачу так, что он только нажимает кнопки или работает рукоятками, и его работа потеряла всякое творческое содержание. Кроме всего прочего он теперь много внимания должен уделять организации своей работы.

Профессиональное разделение происходит и внутри одной и той же профессии. Например, у токаря-универсала: один работает на токарно-винторезном станке, другой — на токарно-карусельном. Значительно отличается устройство этих станков. Еще больше специфики в приемах обработки. Поэтому произошло разделение профессий токаря-универсала. И теперь мы можем встретить на предприятии и токаря-универсала, работающего на токарно-винторезном станке, и токаря-карусельщика, и токаря-расточника и др.

Причем часто станочники, работающие на однотипных станках, выполняют настолько различную работу или обрабатывают настолько различные детали, что приходится говорить об их профессиональной специализации. Например, есть токарно-карусельные станки, на которых обрабатывают заготовки диаметром до 800 мм. А в тяжелом и энергетическом машиностроении применяют уникальные токарно-карусельные станки. На таких станках последних моделей можно устанавливать заготовки диаметром до 24 000 мм. Есть ли разница в работе над такими заготовками? Конечно, и немалая. Даже стоимость таких заготовок заставит задуматься над выбором специалистов для их обработки. И конечно, предпочтение будет отдано тому, кто уже имеет опыт и навык работы с каждой из таких заготовок.

Специализация станочников связана и с тем, насколько высока требуемая точность обработки. На предприятиях многое делается для того, чтобы можно было достичь стабильной и высокой точности изготовления деталей. Для этого выделяются специальные станки для так называемых финишных операций. На них категорически запрещается выполнять черновую обработку. Эти станки отличаются особенно высокой точностью обработки. Но этих мероприятий недостаточно для достижения прецизионной обработки. Решающим является мастерство станочника. Его высокая квалификация, многолетний опыт позволяют ему, как говорят, «чувст-

зовать микрометр». Именно поэтому среди станочников различных профессиональных групп имеются специалисты-прецизионщики.

В связи с большим объемом производства зубчатых колес и ростом требований к их качеству в современном машиностроении выделилась большая группа специальностей по их производству и отделке, например зуборезчики, которые нарезают зубчатые колеса на зубофрезерных, зубодолбежных, зубострогальных и других станках. Представители этих профессий должны уметь выполнять сложные расчеты по настройке этих станков на обработку прямозубых, косозубых цилиндрических, конических и червячных колес с различным числом зубьев.

С каждым годом растет роль станочных профессий, связанных с отделкой зубчатых колес. Дело это тонкое и сложное и требует большого навыка и умения.

Много и других интересных профессий можно было бы перечислить. На сложных и умных станках они выполняют интереснейшие работы в самых различных отраслях техники. Необозримо число разнообразнейших станков, то и дело изобретают не только новые станки, но и совершенно новые методы обработки.

Но самым большим достижением нашей эпохи является создание самых «умных» и самых совершенных за всю историю человечества рабочих машин — станков-автоматов и полуавтоматов. С их появлением связано и возникновение принципиально новых по содержанию станочных профессий.

ЧЕЛОВЕК УПРАВЛЯЕТ АВТОМАТОМ

Когда рабочая машина выполняет все движения, необходимые для обработки сырого материала без содействия человека, и нуждается лишь в контроле со стороны рабочего, мы имеем перед собой автоматическую систему машины, которая однако, поддается дальнейшему усовершенствованию в деталях.

К. Маркс

Автомат — термин греческого происхождения, означающий «самодействующий». И появился он в далеком прошлом как раз для обозначения самоуправляющихся машин и механизмов, которые могут выполнять определенные целесообразные функции без участия человека. Такие машины и механизмы вызвали острое любопытство человека еще в глубокой древности. До нашего времени дошли невероятные рассказы о ходячих статуях легендарного Дедала и летающем деревянном голубе знаменитого математика древности Архива Тарентского. Письменные источники двухтысячелетней давности засвидетельствовали существование в Древнем Египте театров с участием многочисленных кукол-автоматов. Сейчас можно только поражаться гениальности и трудолюбию их создателей, которые из нескольких известных в то время простейших механизмов конструировали сложнейшие автоматические технические устройства.

Подобные игрушки-автоматы строили потом на протяжении многих веков, вплоть до нашего столетия. Особой сложности их конструкции достигли в XVIII веке. В это время широкую известность получили такие игрушки-автоматы, как механический человек, игравший на флейте, пишущий мальчик, девочка, игравшая на фортепиано, и многие другие. Но, несмотря на занимательный характер всех таких автоматических игрушек, их конструирование приводило к изобретению новых механизмов, накапливало опыт создания сложных технических устройств.

Первым автоматическим устройством, которое действительно имело практическое применение, были часы. Их изобретение оказало значительное влияние на развитие технических устройств, принцип действия ко-

торых основан на равномерности движения. Но и эти автоматизированные устройства часто по традиции снабжались элементами, свойственными игрушкам-автоматам. Достаточно вспомнить уникальные часы, сконструированные И. П. Кулибиным в 1767 году. Они сохранились до настоящего времени. При своих небольших размерах («между гусиным и утиным яйцом») часы И. П. Кулибина имели сложнейшую систему механизмов. Они показывали время, отбивали число часов, половины и четверти часа, имели миниатюрный автоматический театр и исполняли гимн.

И все же настоящей серьезной предпосылкой для создания рабочей машины-автомата в сфере металлообработки послужило изобретение механизированного суппорта.

Рождение автомата

Механизированный суппорт представлял собой автоматизированный механизм, который после включения его станочником самостоятельно поступательно перемещал инструмент относительно заготовки.

Однако до создания действительно автоматически действующего металлорежущего станка было еще далеко. Прошло почти столетие, прежде чем появился станок, в котором элементы автомата стали похожи на современные. Конечно же первым таким станком стал и, наверное, должен был стать токарный. На протяжении долгого времени он был флагманом станков. Таковым он оказался и при возникновении качественно иного поколения металлорежущих станков. Но токарные автоматы появились не сразу, не вдруг. Путь к ним был длинным, но закономерным, так как необходимость в них ощущалась в промышленности все острее.

По мере роста промышленного производства требовалось все больше одинаковых деталей. Специалистов-станочников стало не хватать. Время, затрачиваемое станочником на вспомогательные операции, связанные с правильной установкой инструмента относительно заготовки, на контрольные промеры обрабатываемых поверхностей и другие операции управления станком, было очень велико. Естественно, что именно здесь и стали искать резервы повышения производительности. И уже в начале прошлого века в конструкции токарных стан-

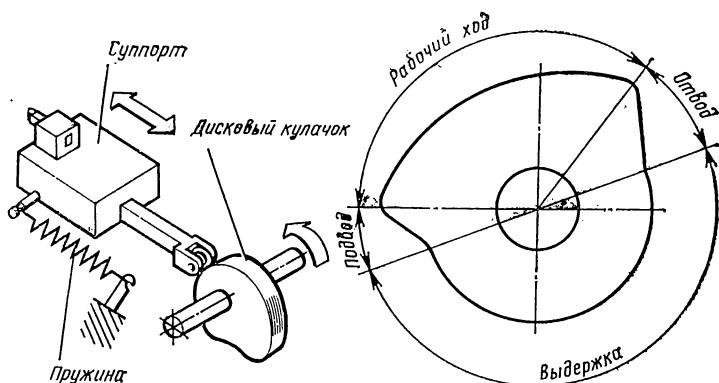
ков стали вводить различные устройства, которые облегчали получение нужного размера. И первыми такими устройствами были упоры. Они не позволяли суппорту выходить за определенную границу. В какой-то степени это гарантировало, что деталь не будет бракованной. Но упор, как препятствие, останавливающее суппорт, вызывал удары механизмов станка и не способствовал его сохранности. Поэтому следовало сделать упоры более совершенными. Необходимые предпосылки для этого в технике уже имелись. Был накоплен достаточный опыт использования многозвенных механизмов рычажного типа. Имелись и многочисленные устройства, позволяющие прерывать цепочку, передающую движение, например муфты. Так появилась возможность сконструировать упоры, которые в нужный момент плавно отключали продольную подачу суппорта с инструментом. Но такой упор можно было настроить для отключения суппорта всегда в одной и той же точке. Обработка же заготовки проводилась, как правило, несколькими инструментами и на разную длину. Это никак не могло устроить производителей. И, кроме того, выяснилось, что обычный резцедержатель токарного станка не очень удобен для строгого фиксирования положения инструментов относительно заготовки. Он ведь перемещался и в поперечном и в продольном направлениях, и инструмент мог занимать любые положения. Такая проблема была решена остроумным способом. Конструкция для установки инструмента на токарном станке была изменена коренным образом — получилась так называемая револьверная головка. Что же это дало? Отсутствие поперечного движения револьверного суппорта и поворот револьверной головки относительно одной и той же оси давали возможность сохранять неизменным то положение инструментов относительно заготовки, в которое их установили перед началом работы. Например, на таком суппорте еще до начала обработки резец можно было установить на таком расстоянии от оси вращения заготовки, чтобы получался заданный диаметр поверхности. И не надо терять время на проверку размера в процессе обработки и на поднастройку.

Оказалось технически несложно связать каждый инструмент, установленный в револьверной головке, с одним из упоров, которые располагались теперь на пово-

ротном барабане. И при обработке каждым инструментом продольная подача револьверного суппорта отключается соответствующим упором по достижении заданной длины обработки.

Так возник токарно-револьверный станок, который и сегодня используется в производстве. С одной стороны, он остался универсальным станком, на котором можно было обрабатывать заготовки различных деталей, с другой — за счет предварительной настройки значительно облегчал получение заданных размеров поверхностей. Но это еще был не автомат. Все переключения упоров, револьверной головки, а иногда и перемещения суппорта, особенно на короткую длину, осуществлял станочник. Поэтому он во многих элементах работы оставался частью машины и только в некоторых — управлял ею.

Для того чтобы полностью автоматизировать обработку, необходимо, чтобы станок осуществлял вспомогательные хода без вмешательства станочника. Каким же образом можно задать ему сложную программу действий? Ведь она должна включать в себя перемещение каждого инструмента с заданной скоростью на строго определенную длину, возврат его в исходное положение, строгую согласованность во времени движений всех узлов станка. Раз автомат, то и процесс установки заготовки тоже должен быть задан определенной программой, согласованной во времени с программами работы инструментов. Конечно же, те простейшие упоры, которыми пользовались в это время, не могли быть носителями столь сложной программы. И тут произошел один из тех удивительных возвратов к прошлому, которыми так богата история техники. Инженеры вспомнили о куклах-автоматах. Ведь именно в них сложнейшая программа движений задавалась с помощью кулачков, а передача команд производилась системами рычагов. Старые, уже испытанные механизмы. Но их следовало поднять на качественно иной уровень. Они предназначались теперь для производственных машин, должны были воспринимать значительные нагрузки, интенсивно работать длительное время и быть надежными. Производство — это ведь не кукла! Применение кулачков оказалось настолько рациональным, что и теперь большинство токарных автоматов в массовом производстве имеют кулачковый привод.



Кулачковый привод суппорта токарного автомата. Изменяя профиль кулачка, можно задавать суппорту сложную программу действий

Как же задается программа работы станка с помощью таких кулачков? Сам принцип оказался на удивление простым. И что еще более важно — его конструктивное оформление также было несложным, что довольно редко бывает в технике. Представим себе кулачок. Это диск с внутренним отверстием. Его рабочая поверхность может иметь любой сложный профиль, состоять из участков, очерченных различными кривыми, прямыми. Посадим этот кулачок на вал и заставим их вращаться вместе. К кулачку с постоянной силой прижимается ролик. Он связан с каким-то исполнительным механизмом, например с суппортом станка. Когда кулачок вращается, то в зависимости от его профиля ролик, контактирующий с ним, будет перемещаться. Соответственно этому исполнительный орган будет двигаться поступательно вперед или назад. Когда ролик не меняет своего пространственного положения, будет оставаться неподвижным и суппорт. Изменяя профиль кулачка, можно добиться равномерного или ускоренного, непрерывного или прерывистого движения суппорта на заданную длину. Системой рычагов можно увеличивать или уменьшать ход и скорость движения исполнительного органа, делать его поступательным или вращательным. Как видите, это была просто находка — один кулачок содержал обширнейшую программу работы исполнительного органа.

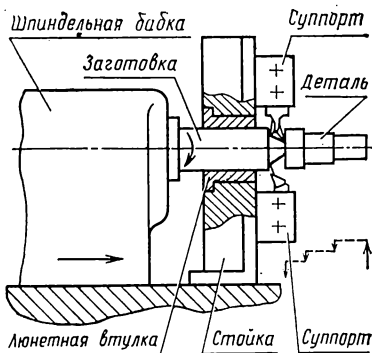


Схема работы токарного фасонно-продольного автомата

Не менее существенным достоинством таких кулачков явились их малые размеры. Один кулачок, как правило, задает закон движения одному органу станка, например суппорту с инструментом. Но для обработки другой поверхности может потребоваться и иной инструмент, другие скорости подачи, пути перемещений и в совсем другой момент времени. А для обработки одной заготовки требуется не один инструмент. Как же быть? А почему нельзя на станке сделать несколько суппортов и на них установить различные инструменты, необходимые для полной обработки заготовки? Конечно, можно.

Мы говорили, что программа работы каждого инструмента, а следовательно, и исполнительного органа, на котором он установлен, должна быть строго согласована во времени с работой других инструментов и исполнительных органов. А разве это значит, что все они должны работать последовательно друг за другом? Совсем не обязательно. Если это позволяет конструкция детали, обработку ее различных поверхностей или одной поверхности можно вести одновременно несколькими инструментами. Вот где одно из основных преимуществ автомата! Ведь когда несколько инструментов работают одновременно (говорят, что они работают параллельно), время обработки резко сокращается.

Первым таким автоматом стал токарный одношпиндельный автомат фасонно-продольного точения. Он впервые появился в последней четверти прошлого столетия и в основном сохранил свои черты до наших дней.

Современные автоматы фасонно-продольного точения изготавливают обычно детали из прутка. Конструктивная схема этих станков очень проста. На станине по ее горизонтальным направляющим перемещается шпиндельная бабка. В ней располагается полый шпиндель, через который и подается пруток-заготовка. С правой стороны шпиндельной бабки установлена непод-

вижно на станине стойка. В ней соосно со шпинделем сделано отверстие. Диаметр этого отверстия сделан немного больше диаметра обрабатываемого прутка. Благодаря этому прутки через это отверстие могут перемещаться в осевом направлении. На стойке сверху над заготовкой располагаются три поперечных суппорта. Они могут перемещаться перпендикулярно оси заготовки по направляющим, имеющимся на стойке. Кроме того, на станине расположены еще два суппорта, которые также могут осуществлять поперечную подачу. Таким образом, станок имеет пять поперечных суппортов. На них можно устанавливать токарные резцы таких типов, которые работают только с поперечной подачей: для отрезки, прорезки кольцевых канавок, фасонные и др. Заготовка вместе со шпинделем совершает вращательное движение, которое передается ей от электродвигателя через ряд передач. Вся программа работы станка задается набором кулачков, смонтированных на одном валу, который называется распределительным. Эти кулачки управляют скоростью и величиной хода всех суппортов, продольной подачей шпиндельной бабки, работой механизма закрепления и открепления заготовки и всеми остальными движениями, которые необходимы механизмам станка для полной обработки заготовки.

Вот как, например, может этот станок обрабатывать валик. Шпиндельная бабка перед началом обработки находится в крайнем левом положении, и заготовка выступает из шпинделя на строго определенную длину. Кулачок через систему рычагов закрепляет заготовку в шпинделе. После этого кулачок, управляющий подачей суппорта с проходным резцом, перемещает его к оси вращения заготовки настолько, чтобы получился заданный диаметр первой цилиндрической поверхности валика. В этом положении суппорт останавливается. А по команде другого кулачка начинается продольная подача шпиндельной бабки вместе с заготовкой. Происходит обработка первой поверхности. Заготовка, совершая продольную подачу, проходит путь, необходимый для обработки первой ступени вала на всей длине. И так последовательно поверхность за поверхностью обрабатывается полностью вся заготовка. Все это время распределительный вал с кулачками вращается непрерывно. И каждый кулачок в строго заданной последовательности заставляет соответствующий исполнительный

орган совершить необходимое перемещение с соответствующей скоростью. Автоматически происходит и возвращение этих органов в исходное положение. После отрезки полученной детали отрезным резцом, установленным на одном из суппортов, цикл повторяется уже на очередной заготовке. Таким образом, кулачки обеспечивают полный автоматический цикл обработки заготовки.

У этого станка есть две интересные особенности. Во-первых, на нем можно получать длинные нежесткие детали с соотношением длины к диаметру до 20. И при этом заготовка закреплена только одним своим концом или, как говорят в технике, — консольно. Ни на одном другом токарном станке такое невозможно. Так в чем же дело? А все объясняется тем, что какую бы длинную заготовку мы не обработали, силы резания всегда действуют на одном и том же расстоянии от места ее закрепления. Постоянные и небольшие деформации заготовки обеспечивают высокую точность обработки.

Вторая особенность связана с формообразованием конических и фасонных поверхностей. Что мы делаем на токарных станках с ручным управлением в таком случае? Если короткая поверхность, берем и обрабатываем ее фасонным резцом, если длинная, необходимо специальное приспособление, чтобы задать резцу траекторию, соответствующую образующей поверхности, которую необходимо получить. А ведь в данном случае можно поступить проще. Раз мы можем сделать кулачок любого профиля, то появляется возможность осуществить одновременные подачи суппорта с проходным резцом и шпиндельной бабки с заготовкой. Зная образующую поверхность, можно определить необходимые законы движения заготовки и инструмента и соответствующим образом спроектировать кулачки.

Как видите, простым проходным токарным резцом можно получать сложнейшие фасонные поверхности большой длины. И точность их обработки не зависит от квалификации станочника. И это одно из существенных преимуществ токарных автоматов перед неавтоматами.

И вот представьте себе, что такой автомат будет час за часом, смена за сменой, день за днем выдавать детали, требуя иногда подналадки, замены износив-

шихся инструментов и некоторого технического обслуживания. Его производительность стабильна, так как он не знает физической усталости, точность обработки не зависит от времени суток. А для производства такого числа деталей, которое он сделает, потребовались бы большие усилия значительного числа рабочих станочников высокой квалификации. Конечно, не оценить такой вид нового оборудования не могли. И началось внедрение автоматов на заводах с большой программой выпуска изделий.

Но одновременно мысль конструкторов работала дальше. А нельзя ли еще более повысить производительность автоматов не только путем применения большого числа инструментов и их одновременной работы, но и путем одновременной обработки нескольких заготовок? Другими словами, в одном станке соединить несколько токарных одношпиндельных автоматов. Попробовали — получилось. И на свет родился токарный автомат нового типа — многошпиндельный токарный автомат. Сейчас в промышленности работают многошпиндельные токарные автоматы и полуавтоматы различных конструкций. Чем отличается автомат от полуавтомата? Тем, что у полуавтомата установка заготовки и снятие детали производит станочник, а у автомата и эта операция автоматизирована.

Многошпиндельные автоматы отличаются друг от друга числом шпинделей (обычно два, четыре, шесть, восемь), последовательностью обработки и другими особенностями конструкции и назначения. У одних автоматов на всех шпинделях одновременно обрабатываются одинаковые заготовки одинаковыми инструментами. И за один рабочий цикл получают столько готовых деталей, сколько шпинделей имеет станок. Это очень производительно. Жаль только, что таким образом можно получать детали простой формы. Ведь у каждого шпинделя можно поставить не больше двух суппортов с ограниченным числом инструментов. У других автоматов заготовка последовательно переходит из одной позиции к другой и каждый раз обрабатывается различными инструментами. Если автомат шестишпиндельный, то обработка ведется в пяти позициях. А в каждой позиции имеется один или больше суппортов с различными инструментами. Так можно обработать множество различных поверхностей и различными инструментами. Такой

способ применяют для получения деталей сложной формы.

Токарные автоматы появились уже в начале нашего века, и вскоре без них невозможно было представить автомобильную, тракторную и подшипниковую промышленность. И все они работают по одному принципу: программа работы им задается набором соответствующим образом профилированных кулачков.

Токарные автоматы потребовали принципиально новых станочных профессий. Для обслуживания нового вида оборудования потребовалось два человека с совершенно различными функциями. Один из них как будто бы станочник. Но в то же время это был и не станочник в прежнем понимании этой профессии. Он сам не обрабатывал заготовки, а только контролировал работу автомата, устраняя мелкие неполадки, иногда делал небольшую подналадку. Это был и токарь, и не токарь. И назвали новую профессию — автоматчик.

Когда требовалось перейти на обработку другой заготовки, автоматы необходимо было перестраивать. Это не только сложная, но длительная и трудоемкая работа. Конечно же, быстрее и качественнее ее сделает тот человек, который на этом специализируется. И вот среди станочников появилась невиданная до сих пор профессия — наладчик автоматов.

И автоматчик и наладчик должны хорошо знать устройство станка. Только в этом случае они смогут быстро и правильно разобраться в его «капризах». Не следует забывать, что автомат гораздо более сложная машина, чем обычный универсальный станок с ручным управлением. Достаточно напомнить, что у него гораздо больше механизмов, так как он должен автоматически выполнять не только рабочие, но и вспомогательные движения. Больше промежуточных звеньев — больше возможных неполадок, отклонений от заданного режима работы. И во всем этом запутанном множестве механизмов, непосредственно влияющих на точность и производительность обработки, они должны уметь быстро разбираться и устранять их.

Но жизнь не стоит на месте. Продолжали развиваться и автоматы. Несмотря на свои преимущества, кулачки как программоносители оказались недостаточно универсальными. Попытки расширить на их основе семью автоматов часто оказывались неудачными. И со-

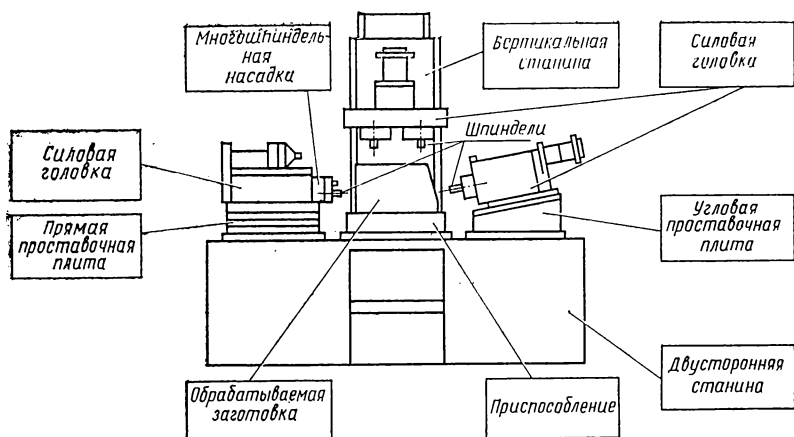
вершенствование автоматов пошло более быстрыми темпами с применением в станках электрических, гидравлических и пневматических устройств. Расширение средств автоматизации привело к тому, что во многих универсальных станках с ручным управлением стали автоматизировать отдельные элементы процесса обработки.

При шлифовании как поверхностей вращения, так и плоскостей стол станка с установленной на нем заготовкой совершает относительно вращающегося шлифовального круга возвратно-поступательное движение. Создание такого привода на основе кулачков или ходового винта (как в механизированном суппорте) оказалось затруднительным. Конструкция получалась громоздкой, работа проходила с ударами. В таком станке это было совершенно недопустимо. Оказалось, что самым оптимальным решением является применение гидравлического привода. А возможности гидравлического привода оказались воистину безграничны. Он может развивать любую силу. С его помощью легко плавно изменять скорость движения исполнительных органов. По сравнению с механическими приводами он менее металлоемкий и, наконец, обеспечивает хорошую смазку движущихся частей станка.

В настоящее время в цехах, занятых производством массовой продукции, применяют только автоматы и полуавтоматы. Они обеспечивают обработку заготовок всеми имеющимися в настоящее время технологическими методами — точением, сверлением, растачиванием, фрезерованием, шлифованием и т. д.

И все же, несмотря на создание автоматов и полуавтоматов различных типов, долгое время не удавалось автоматизировать процесс обработки корпусных заготовок.

Корпуса обычно имеют множество отверстий, которые, на первый взгляд, играют второстепенную роль, а в действительности без них невозможно изготовить полностью изделие. Речь идет о великом множестве так называемых крепежных отверстий. Их назначение и состоит в том, чтобы с помощью винтов, болтов и гаек соединять отдельные части машин в единое целое. На самой простой детали таких отверстий можно насчитать десяток, а в деталях сложных машин их насчитываются тысячи и даже десятки тысяч. И сложность их полу-



Агрегатный станок

чения состоит не только в их количестве, но и в том, что их обработка не проста. Сначала надо сделать собственно отверстие, т. е. просверлить его в заготовке. В некоторых случаях после сверления приходится увеличивать диаметр отверстия рассверливанием, зенкерованием или растачиванием, нарезать в нем резьбу. Положим, идет обработка станины прокатного стана. Много в ней таких отверстий, сложна ее обработка, требуется много времени, много рабочих рук. Но что тут поделаешь — деталь-то уникальная. Однако допустим ли такой подход, когда речь идет об обработке блока цилиндров двигателя автомобиля или трактора? Безусловно нет! Их требуются миллионы!

И вот тут-то и пришли на помощь агрегатные станки. В этой области они оказались просто незаменимыми. Делают их из таких нормализованных узлов (агрегатов) и деталей, как станина, агрегат силовой головки, стол и т. д. Имея такой набор нормализованных узлов и деталей, можно, как в детском конструкторе, собирать высокопроизводительные специальные станки.

Конструкций силовых головок, которая является основным узлом агрегатного станка, очень много. Наиболее распространенными являются самодействующие головки с гидравлическим приводом. Внутри головки находится ее шпиндель, гидропривод и механизмы управ-

ления им. Все механизмы силовой головки приводятся в движение от одного электродвигателя. Гидропривод, как у шлифовального станка, обеспечивает поступательное движение головки в направлении к заготовке и обратно в исходное положение. Переключение золотника осуществляют соленоиды. А им сигнал дают путевые выключатели, которые можно установить в любом нужном месте по ходу головки на станине. Таким образом, в этом агрегате использована электрогидравлическая схема автоматизации цикла. А он включает быстрый подвод головки к обрабатываемой заготовке, первую рабочую подачу, вторую рабочую подачу, выдержку в конце рабочего хода головки и быстрый отвод в исходное положение.

К силовому агрегату головки крепят шпиндельную головку. В ней и расположены инструментальные шпиндели. И все они получают движение от шпинделя (приводного вала) силовой головки. Если сама силовая головка — нормализованный узел, который применяют в различных станках, то шпиндельную головку проектируют и изготавливают для конкретной детали. Число и расположение инструментальных шпинделей должны строго соответствовать числу и расположению обрабатываемых поверхностей. При обработке заготовка обычно неподвижна относительно агрегатных головок, которые и осуществляют главное движение и движение подачи. В этом случае заготовку можно обрабатывать по автоматической программе одновременно несколькими агрегатными головками. А каждая головка ведет обработку многими инструментами.

Одновременно идет сверление, растачивание десятков отверстий в детали, в них нарезаются резьба, выполняются и другие виды работ. Представляете, насколько повысилась производительность!

Так массовым производством завладели станки-автоматы и полуавтоматы. Это было большим достижением. Ведь они освободили рабочих-станочников от однообразного физического утомительного труда. Но давайте представим себе первый цех, оснащенный станками-автоматами. Почему же в них все еще много рабочих? И чем они занимаются? Вот один из них взял готовые детали, сложил их в тару и стал перемещать на склад. Другой — собирает обработанные на одном автомате заготовки, укладывает их тоже в тару, переносит к дру-

гому станку-автомату и укладывает в его магазин, который автоматически подает заготовки в зону обработки. Что-то в атмосфере цеха нарушает гармонию. Что же именно?.. Ну конечно же: физический низкоквалифицированный труд рабочих по транспортированию заготовок от станка к станку входит в противоречие с высокоорганизованной работой совершенного автоматизированного оборудования. Получается, что именно человеку мы и оставили самую низкоквалифицированную и неблагодарную работу. Там, где достигается качество изделия, где обеспечивается высокая производительность производства, задачи решали автоматы. А вспомогательные подсобные работы выполняет как раз их создатель — человек. Действительно, явное несоответствие!

Что же необходимо было сделать, чтобы вернуть человеку соответствующую ему роль?

В нашей стране перед войной на тракторном заводе им. Ф. Э. Дзержинского рабочий-изобретатель И. П. Иночкин построил первую в мире автоматическую линию, состоящую из станков с автоматическим циклом обработки, соединенных транспортной системой. Это был выдающийся результат для страны, в которой еще несколько лет назад не было вообще автоматостроения. Ведь первый советский одношпиндельный автомат был выпущен только в 1933 году, а многошпиндельный — в 1939 году. Работы по созданию автоматических линий прервала война. Но уже в 1950 году было изготовлено 10 комплектов автоматических линий. Через десять лет их выпускали уже 174 комплекта в год, а в 1975 году — 280 комплектов. В 1981 году для машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности было поставлено 832 комплектов автоматических и полуавтоматических линий.

Что же представляют собой автоматические линии станков? Прежде всего это группа станков-автоматов. Заготовка в заданной последовательности обрабатывается на каждом из них. Автоматическое транспортное устройство перемещает заготовку от одного станка к другому. Работа всей линии осуществляется с единым темпом и управляется от единого механизма.

В настоящее время существует большое разнообразие конструкций автоматических линий. Есть автоматические линии из специальных станков. Правда они до-

роги, а сроки их освоения велики. Гораздо более широкое применение находят автоматические линии из агрегатных станков. Недостаток линий из специальных и агрегатных станков в том, что очень трудно изменить технологию обработки изделия на них и перейти к выпуску других деталей. Поэтому в последнее время получили развитие автоматические линии, составленные из универсальных станков с автоматизированным циклом обработки. Благодаря этому снижаются сроки изготовления самой автоматической линии, увеличивается ее надежность, появляется возможность переналаживать ее на изготовление других деталей.

Все механизмы и агрегаты линии представляют собой автоматические узлы, а синхронизацию их работы обеспечивает управляющее устройство. При этом его работа должна быть безукоризненной. Что может получиться, например, если сигнал на перемещение заготовок транспортером будет выдан до того, как закончится их обработка на всех позициях? Авария с большими убытками не только из-за ремонта испорченных механизмов, но и из-за простоя линии. Сложности усугубляются еще и тем, что работа линии должна быть скоординирована с работой не только основных устройств, но и вспомогательных — устройств подачи смазки и охлаждения, удаления стружки и др.

Несмотря на всю свою сложность, автоматические линии успешно применяются на многих заводах страны. Они изготавливают многочисленные детали автомобилей и тракторов, детали пищевых машинок и многих других изделий, необходимых как в производстве, так и в быту.

Вот одна из автоматических линий на автомобильном заводе. Она в данный момент не работает. Множество станков, соединенных сложными транспортными устройствами. На позициях уже находятся заготовки. Первое впечатление, что это просто конгломерат технических устройств, который невозможно подчинить чьей-нибудь воле. Но вот оператор включает линию, и картина преобразуется. На пульте оператора видим, как сигнализируют лампочки о том, что все заготовки надежно закреплены на своих рабочих позициях.словно по неслышимой команде (а это так и есть!) агрегатные головки устремляются к заготовкам. Многочисленные инструменты, от вращения которых в первый момент про-

сто рябит в глазах, нацеливаются точно в заданные места на заготовках. Быстрое перемещение головок вдруг превращается в медленное, они как бы приноравливаются, как лучше врезаться в этот неподатливый материал. И вот равномерно загудели все станки, началась одновременная работа многих сотен разнообразнейших инструментов. Сверла врезаются в сплошной слой материала, на следующей позиции в этих отверстиях метчики уже нарезают резьбу. А на этой позиции идет тонкая обработка — растачиваются точные отверстия. Некоторые станки уже кончили обработку и ускоренно возвращаются в исходное положение. Но вот все остальные станки тоже быстро возвращается назад. На пульте управления видно, что все агрегатные головки закончили работу и заняли исходное положение. Это подается сигнал следующим устройствам начать работу. На всех позициях сильные прижимы освобождают заготовки. Включается транспортное устройство. Как строй солдат, все заготовки одновременно шагнули на одну позицию вперед и замерли перед очередными станками. Здесь их обработка будет продолжена.

Четко, слаженно работает вся система. Кажется, что это живой организм, натренированный на безупречное выполнение заданной работы. Трудно поверить, что возможно такое строгое согласование, когда работают десятки, сотни и тысячи сложнейших механизмов и агрегатов. Но это кажущаяся легкость. Посмотрите на оператора. Внешне он спокоен, внимательно наблюдает за работой линии, от его глаза не ускользнет ни одно отклонение в работе линии. И не только приборы, сигнальные лампы на пульте управления подскажут ему, где возникла неисправность или произошло отклонение от нормального хода обработки. Опытный оператор на слух отмечает изменение в режиме работы линии. Иногда какое-то шестое чувство подсказывает ему, что и где произошло. И такой опыт это не просто долгие часы, проведенные за пультом управления. Нет, это и доскональное знание устройства всех элементов линии, и анализ поведения ее узлов, инструментов, всех бывавших неполадок. Именно опытные операторы могут многое рассказать об отдельных конструктивных недоработках линии, о том, в какой позиции инструмент чаще всего отказывает, и высказать догадку, почему отказывает. И эта догадка почти всегда подтверждается.

Таким же знатоком своего дела должен быть и наладчик. Ведь мало строго по инструкции правильно установить инструменты, отладить величины хода головок и сделать все необходимое, для того чтобы обеспечить работу всех станков и узлов линии строго по программе. Одну и ту же работу, по одним и тем же инструкциям разные наладчики сделают по-разному. И результат наладки будет различным. После одной наладки линия работает долго, без мелких досадных неполадок, производительно. А в другом случае после начала работы одна за другой следуют мелкие неполадки. Они сбивают ритм производства, действуют на нервы операторам.

В зависимости от сложности автоматической линии часть функций наладчика берет на себя оператор, а иногда наладчик может выполнять некоторые обязанности оператора.

И главное отличие работы операторов и наладчиков автоматических линий станков от их коллег, обслуживающих отдельные станки, состоит в том, что они должны тонко чувствовать внутреннюю связь всех этих машин и механизмов между собой, просто физически чувствовать, что работает с большой перегрузкой и вот-вот может выйти из строя. И сложность такого взаимопонимания между человеком и системой машин состоит в том, что условия работы машин постоянно меняются. Изменяются физико-механические свойства материала заготовок в разных партиях, режущие свойства инструментов и многое, многое другое. Но без такого «чувства локтя» между человеком и машиной управлять таким производством просто невозможно.

Когда приходится говорить о сложном устройстве и управлении автоматами и автоматическими линиями станков, то у некоторых возникает вопрос: если это так сложно, не проще ли тогда не идти по такому пути. Ведь есть более простые автоматы и просто универсальные станки. Лучший ответ на такие вопросы дают сравнительные расчеты выпуска одной и той же продукции на станках с различным уровнем автоматизации. Предположим, что в смену требуется изготовить 1800 внутренних колец шарикоподшипников. Если их обрабатывать на обычном универсальном токарном станке с ручным управлением, то потребуется 44 станка и столько же станочников-универсалов. Применение токарно-ре-

вольверных станков позволяет эту же продукцию производить на 28 станках. Но такую же работу можно выполнить на пяти одношпиндельных или двух многошпиндельных токарных автоматах. В последнем случае потребуется только один автоматчик и один наладчик. Цифры достаточно красноречивы, но и их можно дополнить. Для того чтобы разместить 44 универсальных токарных станка, требуется почти целый цех. Два многошпиндельных станка потребуют совсем небольшой производственной площади. А ведь производственная площадь — это большие капитальные затраты.

Мы постоянно стремимся к тому, чтобы увеличить производительность каждой единицы оборудования, чтобы на одном станке обрабатывалось как можно больше заготовок. Поэтому приходится работать в несколько смен. Значит в рассматриваемом варианте на универсальных станках многим станочникам приходится работать в ночные и вечерние смены. А применение автоматов не только позволяет уменьшить число таких сменных станочников в десятки раз, но и условия работы у них совершенно иные по сравнению со станочниками-универсалами. У автоматчиков и наладчиков автоматов больше времени может отводиться на отдых — ведь все это время автоматы будут непрерывно работать.

Вы, наверное, обратили внимание на то, что мы несколько раз подчеркивали: автоматы и автоматические линии применяются для изготовления большого числа одинаковых деталей. А нельзя ли использовать эти же станки-автоматы и автоматические линии для производства небольших партий деталей? Ведь основную массу промышленных изделий выпускают как раз небольшими сериями. Мы же говорили, что многие из автоматов и автоматических линий переналаживаемы. Да, их переналаживать можно, но затраты на переналадку окупятся только в том случае, если партии заготовок будут достаточно крупными. Ведь переналадка, например одного автомата, требует проектирования и изготовления совершенно нового комплекта кулачков, их установки на станке, отладки станка. Еще более продолжительна переналадка автоматической линии.

Вот, например, типовая автоматическая линия для производства зубчатых колес. Она состоит только из восьми автоматизированных универсальных станков — токарных, протяжных, зубофрезерных, для отделки зуб-

чатых колес. Все станки достаточно легко переналаживаемы. Но, несмотря на это, переналадка линии с обработки одного зубчатого колеса на обработку другого требует трех наладчиков и 4,5 часа времени. Это, не считая того времени и труда, которое было затрачено на подготовку к переналадке. Однако линию переналаживают и на ней производят десять типоразмеров зубчатых колес. Но их общая годовая программа 120 тысяч штук. Таким образом, затраты на переналадку окупаются, если производить в среднем по 12 тысяч зубчатых колес каждого типоразмера.

А как быть, если требуется изготовлять по 5—10 или в лучшем случае по 50—200 деталей? Здесь автоматы и автоматические линии с жесткой программой работы бессильны чем-либо помочь. Как же быть?

Электроника в станках или второе рождение автомата

Шел 1950 год. Это был завершающий год первой послевоенной пятилетки. Страна заканчивала залечивать страшные раны войны. Буквально из пепла возрождались города и села. В могучую реку социалистической экономики сливалась продукция все новых и новых предприятий. Одни из них восстанавливались, другие создавались вновь. Огромным напряжением сил страна превысила довоенный уровень промышленного производства. Требовалось огромное количество нового оборудования, и особенно металлообрабатывающих станков. В металлообработке широко распространялся опыт новаторов производства. В этот момент основные усилия были направлены на создание новых моделей мощных и быстроходных станков, увеличение выпуска автоматических линий. Именно в это время советские ученые М. Г. Брейдо, В. К. Бесстрашнов и А. Е. Кобринский изобрели шаговую систему цифрового управления приводом станка. С этого и началась история отечественных станков с программным управлением. Приблизительно в это же время появились первые модели таких станков и за рубежом.

Поначалу новое направление не у всех нашло понимание и поддержку. Нашлись скептики и даже противники. И их можно было понять. Уже несколько столетий металлорежущие станки основывались на чистой меха-

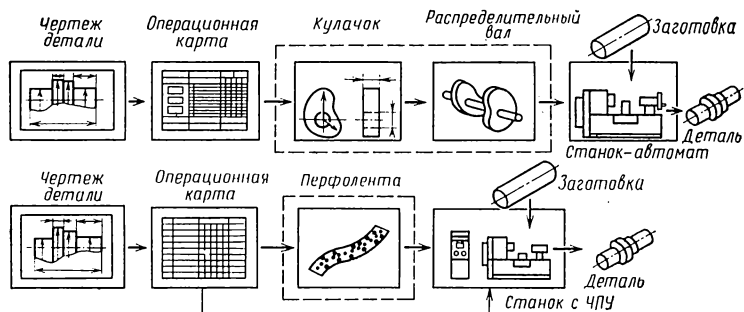
нике. Здесь же предлагают электронику... Громоздкие шкафы со сложной электронной начинкой первых станков могли испугать даже самых смелых и опытных работников промышленности. А необходимость использования электронных вычислительных машин для подготовки программы работы таких станков создала психологический барьер, через который не многие могли перешагнуть, по крайней мере, сразу. Аргументы противников сводились приблизительно к следующим. Станки эти получаются очень сложными. Это направление неперспективное, а просто мода, которая скоро пройдет. И несмотря на то, что в пятидесятых годах были созданы опытные образцы станков с программным управлением, работы по их дальнейшему совершенствованию были на некоторое время приостановлены. И это характерно не только для нашей страны, но для всей мировой практики металлообработки. Достаточно сказать, что почти через десять лет после создания первых опытных образцов станков с программным управлением во всем мире насчитывалось едва ли 200—300 их промышленных моделей. Но прошло немного времени, и все осознали, что такой подход был ошибочным. Уже в шестидесятом году нашей станкостроительной промышленностью были выпущены первые 16 станков с программным управлением. В 1965 году их выпускали уже в 3 раза больше, еще через пять лет ежегодный выпуск таких станков превысил полторы тысячи, а в 1981 году наша промышленность выпустила уже свыше 10 тысяч станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Напомним, что обычный станок-автомат формировался почти сто лет.

Чем же вызван такой бурный процесс внедрения в промышленность станков с ЧПУ? Чтобы ответить на этот вопрос, познакомимся с ними поближе. Подготовку к работе любого автомата начинают с разработки операционной карты. Эту работу выполняет технолог. В ней тщательно рассчитаны точки, из которых начинается движение каждый рабочий орган станка, скорость, с которой он будет двигаться, и путь, который должен пройти. Установлена строгая последовательность обработки каждой поверхности и применяемый для этого инструмент. Операционная карта содержит исчерпывающие данные для полной и высококачественной обработки заготовки без вмешательства человека. Отсюда и

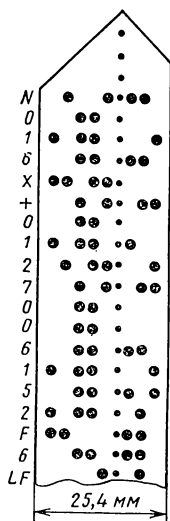
повышенная требовательность к полноте и однозначности содержания карты. Для ее разработки используют чертеж детали, справочники по режимам резания, при-способлениям, режущему инструменту, технические дан-ные станка, для которого разрабатывается программа, и т. д.

Операционная карта содержит программу работы станка, записанную в цифровом виде, а также ряд сло-весных указаний. Следующим шагом должно быть из-готовление на ее основе программноносителя. Когда та-ким носителем являются кулачки, копиры или упоры, то необходимо, пользуясь операционной картой, спрое-ктировать и изготовить их. Такой программноноситель обладает рядом недостатков. Во-первых, любое превра-щение информации из одного вида в другой неизбежно ведет к погрешностям, которые сказываются на точно-сти обработки. В частности, погрешности возникают при изготовлении кулачков, при их изнашивании в процессе работы. Во-вторых, изготовление такого программно-носителя связано с большими затратами времени и средств. И, наконец, эти программноносители являются, по существу, частью самого станка. Их установка на стан-ке и наладка не только требует значительного времени и труда, но и исключает станок на время наладки из производственного цикла. Ведь наладка сравнительно простого автомата с кулачковым распределительным ва-лом требует не много, не мало, а около пяти-восьми ча-сов.

А вот процесс получения программноносителя для станка с ЧПУ совершенно иной. Сначала на основе опе-



Последовательность подготовки программноносителя для станков, управляемых от кулачкового распределительного вала, и для станков с ЧПУ



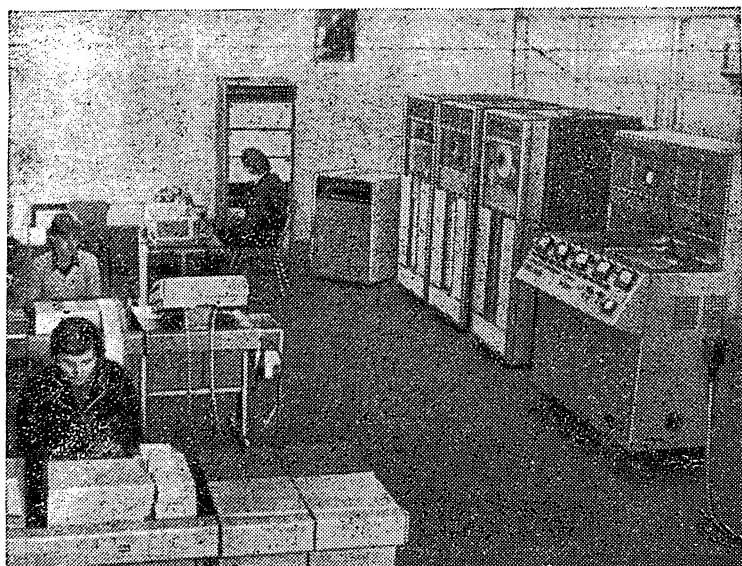
Так выглядит программоноситель (перфолента) для станка с ЧПУ, на которой записан один кадр

рационной карты технолог составляет карту программирования. Она представляет собой строгую последовательность команд (кадров). Запись команд производят условными символами (цифрами, буквами и условными знаками). Для этой цели используют специальный кодированный язык ISO—7BIT, рекомендованный международной организацией по стандартизации. Например, информация одного кадра, записанная такими кодами, выглядит следующим образом: N 016; X+012734; Y+006152; F 600; S120; T06; LF. Расшифровывается эта запись следующим образом: номер кадра 16; перемещение по координате X на

127,34 мм; перемещение по координате Y на 61,52 мм; подача 600 мм/мин; частота вращения шпинделя 1200 об/мин; работает инструмент номер 6; конец кадра.

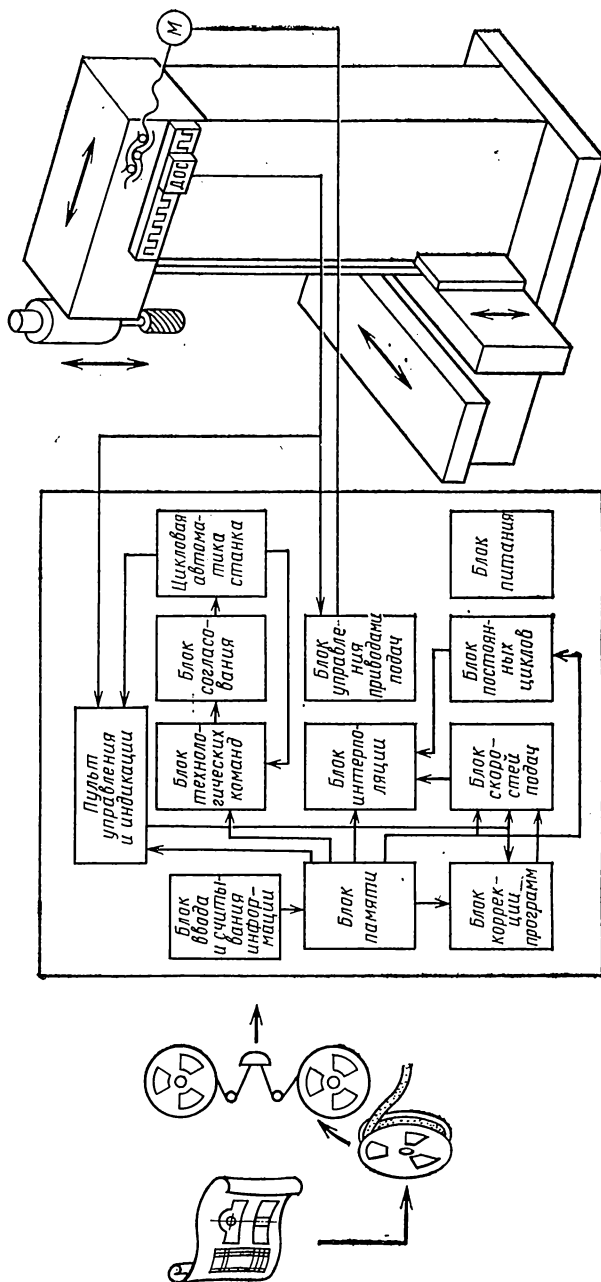
Этапы подготовки программ для станка с ЧПУ и ЭВМ имеют много общего. И в этом нет ничего удивительного, так как система ЧПУ и ЭВМ являются близкими родственниками. Для ЭВМ программа может набиваться на перфоленту, записываться на магнитную ленту или вводиться оператором непосредственно с пульта управления с помощью клавиш. Аналогичным образом обстоит дело и при подготовке программ для станка с ЧПУ. Современные системы ЧПУ позволяют вводить в них программу непосредственно на рабочем месте клавишами на пульте управления. И все же для большинства станков с ЧПУ готовится специальный программоноситель. Чем же это вызвано? Ведь в карте управления условным языком записаны все команды, необходимые для работы станка.

Но команды в таком виде станок воспринимать не может. Такая карта еще не является программоносителем. Карту программирования передают в центр подготовки программоносителя. Всю информацию записывают на восьмидорожковой перфоленте шириной 25,4 мм путем пробивки комбинаций отверстий на семи ее информационных дорожках. Одна дорожка является



Здесь готовят программноносители для станков с ЧПУ

синхронизирующей. Запись закодированной управляющей программы на ленту-программоноситель производят на специальном устройстве. В его комплект входит электрофицированная пишущая машинка с алфавитно-цифровой клавиатурой. На этой клавиатуре имеются те же цифровые, буквенные и другие символы, которые используют при кодировании управляющей программы. При нажатии соответствующей клавиши на перфоленте автоматически пробивается та комбинация отверстий, которая соответствует этому символу. Внешне процесс набивки управляющей программы на перфоленту напоминает печатание на обычной пишущей машинке. Конечно, от специалиста, который готовит программноноситель, требуется особая внимательность, так как технические ошибки на этом этапе могут надолго задержать запуск станка с ЧПУ в работу. Поэтому после получения перфоленты ее проверяют еще несколько раз. И чем сложнее программа, чем дороже заготовка, тем тщательнее контроль. Эта сложная и ответственная работа занимает много времени. Поэтому создают специальные устройства, позволяющие автоматизировать про-



Принципиальная схема системы управления станком с ЧПУ

цесс контроля управляющих программ. К ним относятся и специальный графопостроитель. В него вводят разработанную программу, и вычерчивающее устройство графопостроителя имитирует движения рабочих органов станка с ЧПУ. Оно воспроизводит графически траекторию центра инструмента. Цифровой индикатор графопостроителя показывает текущие координаты, скорость и ускорение инструмента.

Как видите, в этом случае отпала необходимость в проектировании и, самое главное, — в изготовлении таких сложных программоносителей, как кулачки или копиры. Таким образом, программоноситель для станка с ЧПУ принципиально отличается от тех программоносителей, которые используют на станках с жесткой программой работы. Он не встраивается непосредственно в станок, ведь это просто кусок бумаги. Кроме того, в данном программоносителе информация о детали и технологии ее изготовления осталась числовой, т. е. не была преобразована в физический аналог.

Итак, программоноситель готов, и его передают в цех. Первый, к кому он попадает, — это наладчик станка с ЧПУ. Давайте вместе с ним примем участие в подготовке станка к работе. Когда мы подходим к станку, на котором будет реализована программа изготовления нашей детали, то сразу замечаем стоящий рядом с ним пульт управления. В верхней части пульта находятся различные кнопки, цифровая индикация, сигнальные лампочки. Перед тем, как начать работу, наладчик включает всю систему, прогревает ее для того, чтобы она работала устойчиво. И сигнальные лампы уже показывают, что пульт начинает трудиться. В пульте управления находятся все основные блоки системы управления станком. Приблизительно в его центре расположен блок ввода и считывания информации. Он состоит из лентопротяжного механизма и собственно считывающего устройства. Наладчик заправляет перфоленту в ленто-протяжный механизм и включает систему на рабочий режим. Лента начинает периодически передвигаться. Считывающее устройство, состоящее из фотосчитывающей головки с восемью фотопреобразователями и лампы накаливания с линзой, обеспечивает считывание информации одновременно по всем дорожкам перфоленты. Считывание программы происходит строка за строкой в пределах одного кадра.

Считываемая информация подается в блок памяти. В этом блоке осуществляется ее контроль. При обнаружении ошибки выдается соответствующий сигнал. Обычно в системах управления имеется два блока памяти. Пока в одном происходит обработка информации, в другом идет считывание следующего кадра и его запоминание.

Из блока памяти информация передается в интерполятор. Он представляет собой специализированное вычислительное устройство. Предположим, что на фрезерном станке с ЧПУ необходимо изготовить деталь с каким-то криволинейным контуром. В программе заданы координаты начальной и конечной точек этого профиля. Но для его получения необходимо, чтобы стол с заготовкой совершал согласованные движения в продольном и поперечном направлениях. Управляющее устройство должно в каждый момент времени выдавать команду на движение стола или в продольном или в поперечном направлении на определенное расстояние.

Интерполятор рассчитывает положение точек контура и выдает соответствующие импульсы на перемещение стола на нужную величину и в нужном направлении. Выходная информация с блока интерполяции представляет собой последовательность импульсов по каждой координате. Частота импульсов определяет скорость подачи, а число импульсов — величину перемещения.

Однако те импульсы, которые выдает интерполятор, не могут использоваться для непосредственного управления электродвигателями приводов. Поэтому они попадают в блок управления приводами подач, в которых преобразуются в форму, пригодную для непосредственного управления приводами, усиливаются и подаются уже непосредственно на двигатель, от которого осуществляется соответствующее движение подачи.

Каждый импульс, выданный интерполятором и преобразованный и усиленный в блоке подач, вызывает перемещение рабочего органа на определенную величину. Каждое перемещение настолько мало, а частота импульсов может быть настолько высока, что дискретные перемещения практически можно считать непрерывными и плавными. И уж, конечно, на глаз невозможно заметить, что подача идет не плавно, а импульсами.

Теперь вам наверное становится понятным, почему на станке с ЧПУ можно обрабатывать любые сложные фасонные поверхности, не применяя для этого различные шаблоны, калибры и другие специальные приспособления. Ведь программой можно задать любой закон движения рабочих органов, в любых направлениях согласовать одновременные движения нескольких органов и т. д.

Но для того чтобы станок работал в автоматическом цикле, необходимо производить управление рядом других, так сказать, вспомогательных функций. Поэтому программу их выполнения также наносят на перфоленту, а в системе управления имеются соответствующие блоки, преобразующие эту программу в такую форму, которая может быть использована для управления механизмами станка в нужное время. Одним из таких блоков является блок подач. Он обеспечивает заданную скорость рабочих и вспомогательных ходов. Вспомогательные ходы для повышения производительности обработки производятся с большими скоростями. Кроме того, этот блок управляет разгоном и торможением, которые при обработке на станках с ЧПУ имеют очень большое влияние на точность обработки.

На ряде станков с ЧПУ заготовка обрабатывается не одним, а несколькими инструментами, которые включаются в работу в определенной последовательности. Поэтому в процессе обработки механизмы станка по программе должны автоматически в нужный момент времени находить необходимый инструмент и заменять использованный, а также изменять частоту его вращения. Такими действиями управляет специальный блок системы управления. Он так и называется — блок технологических команд. Информация в этот блок передается также из памяти управляющего устройства.

И еще один очень важный блок системы управления — блок постоянных циклов. В принципе без него можно было бы обойтись, и тогда сама система управления в некоторой степени упростилась. Но сам процесс составления программ, наоборот, намного бы усложнился. Чтобы лучше представить себе ту роль, которую играет этот блок, давайте рассмотрим очень простой цикл сверления отверстия. Он включает в себя несколько элементарных переходов: быстрый подвод сверла к обрабатываемой поверхности, переход на скорость

рабочего движения и быстрый отвод сверла в исходное положение. Значит ли это, что при составлении программы необходимо все эти движения задавать каждый раз? Представьте себе обработку заготовки, в которой десятки, сотни отверстий. Какая же по объему получится программа! Не лучше ли поступить проще. В самом управляющем устройстве предусмотреть блок, который при наличии в программе команды на сверление уже сам задавал бы необходимые по направлению, скорости и последовательности движения. Ведь современная вычислительная техника позволяет делать такие элементарные блоки миниатюрных размеров. Такое вычислительное устройство действует по алгоритму, который заложен в него при его изготовлении. С одной стороны, это удобно, с другой — иногда связывает руки технологу-программисту. Например, он хочет при изготовлении какой-то очень сложной детали ввести другую последовательность движений инструмента или заготовки и тем самым увеличить производительность или улучшить качество обработки. А стандартный алгоритм работы такого блока не позволяет ему гибко подойти к решению такой задачи. Поэтому в последних системах управления вместо такого блока применяют микро-ЭВМ, которая позволяет быстро запрограммировать любую программу действий станка.

Все рассмотренные блоки системы управления действуют совершенно автоматически, получая программу из оперативной памяти, куда она попадает с перфоленты.

Значит ли это, что после введения программы в ЧПУ человек полностью теряет возможность вмешиваться в ход событий? Нет, в системе управления предусмотрен пульт, с помощью которого оператор или наладчик может производить пуск и останов системы ЧПУ, переключать режим работы с автоматического на ручной. Но особенно большое значение имеет возможность производить с пульта коррекцию введенной программы. Таким путем по результатам пробной обработки в программу вручную вводят необходимые изменения. На пульте предусмотрена цифровая индикация, которая облегчает человеку работу с системой управления.

Таково в общих чертах устройство управления станком с ЧПУ. Но функции наладчика не ограничиваются простыми действиями по введению программы. Он под-



Идет наладка сложного станка с ЧПУ

бирает в соответствии с картой обработки необходимые инструменты и устанавливает их. Когда технолог-программист рассчитывал траекторию режущего инструмента относительно заготовки, он считал, что перед началом обработки инструмент занимает строго определенное положение. Именно из этого положения он начинает двигаться. Поэтому при наладке станка инструменту необходимо придать такое же положение относительно заготовки. В противном случае он будет двигаться по той траектории, которая ему предписана программой, но из другого исходного положения. К чему это может привести, догадаться нетрудно.

Для ускорения и облегчения правильной и быстрой установки инструментов применяют специальные, чаще всего оптические приспособления.

На современных станках с ЧПУ обработка одной заготовки производится большим числом инструментов. И каждый из них перед началом обработки должен быть правильно установлен. Стоит наладчику чуть-чуть ошибиться — и весь огромный труд по подготовке станка, управляющей программы, по изготовлению заготов-

ки будет затрачен впустую. Да это еще и повлечет за собой большие производственные затраты. Но даже самый опытный наладчик, используя специальные приспособления, не может установить множество инструментов с необходимой точностью. Какой же выход? Именно для этой цели на пульте управления предусмотрено устройство коррекции. С его помощью можно ввести в программу данные, которые показывают разницу между заданным и фактическим положением режущих инструментов, и тем самым устранить погрешность обработки из-за их неправильного положения. Таким образом, уже на этом этапе подготовки станка к работе наладчик вступает в диалог с системой управления и станком.

После подготовки всего необходимого режущего инструмента наладчик приступает к следующему этапу — устанавливает на станок приспособление для заготовки, правильно закрепляет его относительно других рабочих органов станка. Эта операция не менее ответственна. Ведь приспособление определяет положение заготовки относительно инструментов и других рабочих органов станка, а следовательно, — и точность обработки.

Мы внимательно наблюдаем за всеми действиями наладчика, и кажется, что он сделал все необходимое для нормальной работы станка. Можно начинать обработку всех заготовок. Однако у наладчика мнение иное. Сначала он проверяет работу станка по программе вхолостую, т. е. без заготовки. Для очень ответственных деталей эту проверку он может проводить по кадрам (командам). И чем дороже заготовка, чем ответственнее и сложнее детали, тем более строго наладчик подходит к наладке. При наладке очень сложных станков на изготовление ответственных деталей наладчик часто работает совместно с технологом-программистом, который разрабатывал программу.

Станок еще не начал работу, а потребовалось уже несколько специалистов. Разве нельзя было обойтись одним? Оказывается нет. Вы уже убедились, что сама подготовка программ оказалась сложной, поэтому эту работу на первых порах поручали только высококвалифицированным инженерам-технологам. По мере накопления опыта и совершенствования систем программирования и управления оказалось возможным ее передать специально подготовленным технологам-программистам.

Так возникла новая станочная специальность. С другой стороны, процесс подготовки станка и системы управления к работе оказался не менее сложным и ответственным. И появилась профессия наладчика станков с ЧПУ.

А что же оператор станка с ЧПУ, где он? Ведь мы о нем до сих пор и не упоминали! Именно ему сдает наладчик станок, готовый к работе. Значит оператору остается только устанавливать заготовки на станок, включать его, снимать готовую деталь и так деталь за деталью? Не правда ли такая работа опять напоминает человека — придатка машины.

К сожалению, когда стремятся подчеркнуть преимущества станков с ЧПУ по сравнению с обычными универсальными станками, подчеркивают, что на таком станке менее квалифицированный рабочий будет выполнять ответственную обработку. И на некоторых предприятиях стремились воплотить это буквально. Мастер приводит в цех к станку с ЧПУ молодого человека и говорит ему: «Вот твой станок. Управлять им следует вот так (показывает кнопки управления). Заготовки бери вот из этого контейнера, а готовые детали клади в этот. Здесь особого ума не требуется, станок сам все сделает, а твоя задача вовремя нажимать нужные кнопки». Конечно, интерес к такой работе пропадает уже через несколько дней. А если посмотреть на это с другой стороны, то оказывается, что в конечном счете от оператора зависит и качество, и производительность, и безотказность работы такого сложнейшего устройства, как станок с ЧПУ. Большая ответственность лежит на нем. Он должен уметь быстро и безошибочно контролировать различные параметры изготовленной детали, пользуясь различными приборами и инструментами. Оператор должен хорошо знать закономерности процесса обработки. В его задачи входит также регулирование механизмов. Ну и конечно, он должен постоянно следить за состоянием станка, системы управления. Опытный оператор может заблаговременно предотвратить нежелательные происшествия по только ему известным признакам. Да, можно утверждать, что такую сложную и дорогостоящую технику никто не решится доверить малоквалифицированному станочнику.

Опыт использования различных станков с ЧПУ как у нас в стране, так и за рубежом показал, что для ра-

боты на более сложных станках необходимы высокоопытные операторы. На некоторых наиболее простых станках с ЧПУ можно использовать и менее опытных операторов. Станками с ЧПУ некоторых типов могут управлять и малоквалифицированные операторы. Но если эту работу поручить высококвалифицированному оператору, то будут несравненно лучшие результаты. Если учесть высокую стоимость таких станков по сравнению с подобными, но неавтоматизированными станками, то понятно, что их использование должно быть максимально эффективным.

Часто, когда говорят о квалификации оператора, то сравнивают совершенно разные вещи. Спросите того, кто утверждает, что на станке с ЧПУ может работать менее квалифицированный станочник, что он имеет в виду. И, наверное, услышите в ответ, что оператор станка с ЧПУ не сможет сделать такую же работу на неавтоматизированном станке, как станочник-универсал. Поэтому он и менее квалифицированный. Но разве можно упрекать современного механизатора в том, что он плохо работал бы сохой? Или сравнивать квалификацию капитана современного океанского лайнера и капитана парусника прошлого века? Все они — мастера своего дела. Так и квалификация оператора станка с ЧПУ должна определяться не умением выполнять те работы, которые делает универсал, а умением обеспечить высокоэффективную работу сложнейшего комплекса механизмов и устройств. Задачи оператора еще больше осложняются тем, что он чаще всего является и многостаночником. И он должен так организовать свою работу, чтобы успевать контролировать процесс обработки на всех станках.

На некоторых предприятиях оператор станка с ЧПУ, на котором заготовка обрабатывается долгое время, в этот момент работает рядом на универсальном станке. На нем он вручную подготавливает некоторые поверхности заготовки предварительно, начерно, а потом уже окончательно обрабатывает ее на станке с ЧПУ.

Часто на производстве, где опыт применения станков с ЧПУ достаточно велик, станочнику-оператору доверяют не только обслуживание, но и настройку станка. Тогда от него требуется гораздо более высокая квалификация. Наладкой станка оператор занимается в то время, когда работают другие станки, которые он обслуживает.

Бывает ведь так, что при появлении новой техники для ее обслуживания требуется много различных специалистов. И это продолжается до тех пор, пока она не станет привычной, пока не повысится квалификация обслуживающего персонала. Возможно так и будет при решении некоторых «инженерных» задач обслуживания станков с ЧПУ в ближайшем будущем. По крайней мере уже сейчас есть примеры совмещения профессий оператора, наладчика и технолога-программиста. На одном предприятии в бюро подготовки программ для станков с ЧПУ мне рассказали, что наиболее подготовленным операторам-наладчикам по их настойчивым просьбам было дано право корректирования управляющих программ. Они конечно же лучше, чем кто бы то ни было, знают возможности станка. И поэтому сразу замечают малейшие изъяны в управляющих программах, которые снижают производительность или качество работы. В таком улучшении заинтересовано не только предприятие, но и сами станочники, так как повышение производительности дает им больший заработок.

Персонал, обслуживающий станки с ЧПУ, должен хорошо знать программирование, системы управления, устройство станков, режущие инструменты, приспособления, технологию обработки заготовок, способы и приемы контроля качества обработки и т. д. Уже одни системы управления потребовали новых специалистов для их обслуживания. Да и устройство самого станка не осталось без изменений. Оказалось, что многие механизмы, традиционные для металлорежущих станков, потребовали значительных усовершенствований. Возьмем, к примеру, широко известный механизм для преобразования вращательного движения в поступательное — винтовую пару. В традиционном конструктивном исполнении пара гайка—винт всегда имеет зазоры. При обработке на станке с ручным управлением станочник знает об этой особенности и вовремя ее устраняет. При автоматизированном цикле обработки такое вмешательство невозможно. Потребовалось создать принципиально новый более сложный конструктивный вариант этой пары, которая имеет очень малую погрешность перемещения и высокий коэффициент полезного действия.

Да, появление станков с ЧПУ в корне изменило характер серийного производства. Впервые в условиях постоянной сменяемости объекта труда оказалось возмож-

ным автоматизировать процесс обработки и быстро переналаживать оборудование с изготовления одной детали на изготовление другой детали. В настоящее время системами ЧПУ оснащают станки всех типов: токарно-револьверные, токарно-карусельные, токарно-винторезные, сверлильные, расточные, фрезерные, продольно-строгальные и др. Даже такие станки, как многошпиндельные токарные автоматы, которые всегда имели программонаситель в виде кулачкового распределительного вала и работали в массовом производстве, оснащают системами ЧПУ. Тем самым область их применения расширяется и включает серийное производство. А в последнее время создают и агрегатные станки с ЧПУ. Ввиду того, что каждый вид станочных работ имеет много специфических особенностей, технологи-программисты, наладчики и операторы также специализируются на обслуживании станков с ЧПУ определенных типов. Поэтому дерево станочных профессий стало еще более ветвистым.

По мере того, как совершенствовались станки с ЧПУ, расширялись возможности систем управления и они сами становились надежнее, стали появляться такие станки, которых никогда раньше не было на производстве. Теперь они уже получили общепринятое название — многооперационные станки. В чем их основная особенность? Они снабжены магазином, в котором при наладке станка устанавливают все инструменты, необходимые для полной обработки заготовки. Многооперационные станки стали своего рода комбайнами. На каждом из них можно обрабатывать заготовку различными технологическими методами. Например, есть станки сверлильно-фрезерно-расточные. Уже само название говорит о том, что в них сочетаются свойства таких универсальных станков, как фрезерный, расточный и сверлильный. Это позволило полностью изготавливать сложные детали на одном станке, часто даже не меняя их положения. Раньше заготовки кочевали от одного станка к другому, у каждого из них подолгу лежали, дожидаясь своей очереди. Получалось, что одновременно в производстве в различной стадии обработки находилось большое число заготовок. Они занимали большие производственные площади. Теперь положение резко меняется. Полностью изготовленная за одну операцию деталь может сразу поступать на сборку.

По принципу действия многооперационные станки— это те же станки с ЧПУ. Только функции системы управления у них значительно шире. Ведь смена отработавшего инструмента, поиск очередного в магазине, его транспортирование к шпинделю и закрепление должны производиться автоматически по той же управляющей программе. Кроме того, возможность использования большого количества различных инструментов позволила производить обработку сложных заготовок с различных сторон. Изменение положения заготовок относительно шпинделя делается по программе автоматически. А если еще сказать, что есть такие многооперационные станки, в магазинах которых находится несколько сотен различных инструментов, то станет ясно, насколько они сложны, дороги и какие трудности возникают при их эксплуатации. Но с другой стороны, один такой станок может заменить целый цех универсальных станков. И оказывается, что его применение очень выгодно. Это прямо-таки чудо современной техники. Нельзя не восхищаться, наблюдая за их работой: без вмешательства человека обрабатываются сложнейшие поверхности заготовки; она поворачивается то одной, то другой стороной к шпинделю станка, в котором как по мановению волшебной палочки один инструмент сменяется другим. Никакого вмешательства оператора. Он только внимательно следит за работой сложнейшего комплекса механизмов. Электронная система управления постоянно сигнализирует оператору о ходе обработки и вовремя позовет его, чтобы что-нибудь подрегулировать.

С внедрением станков с ЧПУ в серийное производство труд станочника приобрел новое содержание. Но ему по-прежнему приходится вручную устанавливать новые заготовки и снимать готовые детали. С технической точки зрения ручные загрузка и выгрузка заготовок сдерживали полную комплексную автоматизацию производства. Что же оставалось делать? Может быть так все и оставить? Разве мало автоматизировать процесс обработки? Один оператор может с успехом устанавливать заготовки на нескольких станках. Производительность и качество обработки и так поднялись сразу в несколько раз. Но инженеры продолжали поиски путей решения этой сложнейшей проблемы. И оно было найдено. Вы уже наверное догадались, что таким решением было создание промышленных роботов и манипу-

ляторов. Это действительно было выдающимся успехом современной техники. Когда на станке с ЧПУ заканчивается обработка заготовки, робот получает сигнал к действию — его рука устремляется к станку, снимает готовую деталь и устанавливает новую заготовку. Готовые детали робот аккуратно укладывает в подготовленную тару.

Роботы способны с помощью механических рук захватывать, ориентировать и транспортировать обрабатываемые заготовки. Они освобождают оператора от тяжелого однообразного и утомительного ручного труда. Большим преимуществом роботов является отсутствие у них чувствительности к условиям труда, способность переналаживаться на изготовление различных деталей и т. д. Теперь на оператора действительно возлагаются только функции управления и контроля за работой системы. Но одновременно от него требуется большой запас знаний — не только самого станка, системы его управления и процессов резания, но и устройства роботов, их переналаживания, возможных неполадок, порядка обслуживания роботом станка.

В нашей стране и за рубежом быстро оценили такую комплексность при автоматизации производственных процессов. И в первую очередь стали создавать модули. Модуль состоит из станка с ЧПУ, робота, склада заготовок и готовых деталей, а также и системы, которая управляет их работой.

Так впервые появилась возможность увеличить производительность обработки не только за счет интенсификации процесса обработки, сокращения времени на вспомогательные операции, но и за счет увеличения времени работы оборудования. Действительно, что теперь мешает такому модулю продолжать работу в обеденный перерыв. Ведь работа идет своим чередом, ни станку, ни роботу нет необходимости в таком перерыве. А ведь это немало!

Но инженеры и организаторы производства пошли дальше. Разве нельзя такой системе машин заранее подготовить необходимые заготовки, место для складирования готовых деталей и оставить работать в вечернюю или даже в ночную смену вообще без обслуживающего персонала. Непривычно и может быть даже боязно? Оказалось можно! Современная техника позволяет предусмотреть такие устройства, которые могут от-

ключить всю систему, если в ней нарушен нормальный ход процесса, не дожидаясь того момента, когда произойдет авария. Например, в таком действующем без надзора станке можно постоянно контролировать силу резания. Если она вдруг возрастает выше допустимой, это значит, что инструмент сломался и может произойти авария. Станок вовремя отключается. Вы можете сказать, раз он остановился, какая же польза от таких смен. Но дело в том, что вероятность таких поломок при тщательной подготовке станка и инструмента очень мала. Большая выгода получается даже в том случае, если в такую смену станок будет работать не столь интенсивно, как в присутствии операторов. При меньшей производительности работа в ночные смены значительно повысит общую эффективность работы оборудования. И это главное.

Но этим не ограничиваются возможности, которые открываются при совместной работе станков с ЧПУ и промышленных роботов. Появилась возможность создавать уже не отдельные автоматизированные модули, а целые автоматические линии, участки, цехи и даже заводы. Автоматически действующая линия состоит из отдельных модулей, которые соединяют транспортными устройствами как между собой, так и с центральным складом заготовок и готовых деталей. Всем комплексом управляет ЭВМ. Управляющая ЭВМ так распределяет заготовки между станками, чтобы они были полностью загружены. Она же сообщает каждому станку программу изготовления той детали, которую направила ему. В 1981 году в мире насчитывали около девяти тысяч таких линий. И как когда-то было со станками с ЧПУ, начинается лавинообразный процесс их внедрения в производство.

В таких условиях неизмеримо возрастает роль современного станочника, которую видный ученый в области автоматизации производственных процессов профессор Г. А. Шаумян образно охарактеризовал такими словами: «Автоматическая система машин таит в себе мощь тысяч рук, которая раньше была рассеяна в сотнях отдельных машин, а еще раньше — в тысячах ручных операций.

Если в эпоху мануфактуры рабочий выглядел одиноким солдатом, то тот же рабочий у токарного автомата — это командир взвода. Тот же рабочий, в руках которого автоматическая линия или цех — это полко-

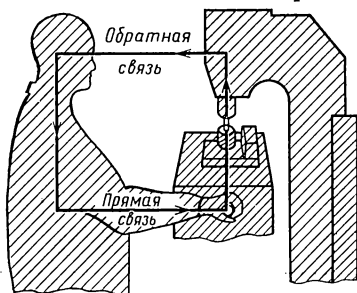
водец, командующий огромной армией. Человек все больше и больше поднимается на ступень подлинного творца и хозяина новой техники. Его роль в тысячу раз более ответственна, чем у обычного рабочего».

Кибернетика в станочных профессиях

Кибернетика... Это слово живо рисует в воображении космическое пространство или мрачный ландшафт далекой чужой планеты, отважных исследователей далеких миров и их надежных помощников — роботов. Но какое отношение имеет кибернетика к металлорежущим станкам, к станочным профессиям, к самому процессу обработки заготовок? Для дальнейшего рассказа нам не обойтись без нескольких понятий из области кибернетики. Сначала установим, что является объектом кибернетики как науки. Кибернетика изучает множество взаимосвязанных элементов, которые способны воспринимать, запоминать, перерабатывать информацию и обмениваться ею. Такое множество элементов называется кибернетической системой.

А зачем изучаются кибернетические системы? Чтобы научиться целенаправленно изменять их поведение. Для этого необходимо располагать системой управления. И это управление всегда преследует определенную цель: например, поддерживать значение какого-то параметра на заданном уровне. Наличие управления в кибернетической системе означает, что ее можно всегда представить в виде двух взаимосвязанных объектов: объекта управления и системы управления. Теперь понятно, что именно о кибернетических системах мы и говорили до сих пор. И эти системы характерны для технологии металлообработки. Только до сих пор основное

внимание мы уделяли развитию самого объекта управления



Станочник и станок образуют сложную типичную кибернетическую систему, в которой между объектом управления и управляющей системой имеется как прямая, так и обратная связи

или в общих словах давали характеристику станочнику как управляющей системе.

Металлорежущий станок и управляющее им устройство (или станочник) — это типичная кибернетическая система. Налицо все признаки как объекта управления и управляющей системы, так и характера связи между ними. Возьмем простейший случай — работа станочника на универсальном металлорежущем станке с ручным управлением. Объектом управления в этом случае являются рабочие органы станка, с помощью которых осуществляется процесс превращения заготовки в готовое изделие — деталь. Управляющую систему представляет станочник. Информацию об объекте управления станочник получает, наблюдая за процессом обработки, — это так называемая прямая связь между объектом управления и управляющей системой. Датчиками (или как их называют в кибернетике — рецепторами), воспринимающими эту информацию, являются органы чувств станочника (зрение, слух, ощущение) и элементарные измерительные устройства — штангенциркуль, микрометр и т. д.

Эта информация перерабатывается в мозгу станочника. Результатом этого процесса являются управляющие сигналы, которые через исполнительные механизмы воздействуют на объект управления. Исполнительными механизмами — эффекторами — в данном случае являются руки станочника и механизмы управления станком — рукоятки, маховики, которые увеличивают возможности рук человека. Воздействие на объект управления производится по обратной связи.

Таким образом, в этом случае налицо имеется объект управления, управляющая система и две связи между ними — прямая и обратная. Это и есть классическая кибернетическая система. Но система системе рознь. Одна система может быть очень простой, другая, наоборот, — необычно сложной. Примером простейшей кибернетической системы может служить обыкновенный светофор. Он настолько прост, что даже не имеет обратной связи. Работает он по жесткой программе. Она предусматривает строгую последовательность включения красного, желтого и зеленого фонарей и определенное время работы каждого из них. В этой системе, как и во всякой кибернетической системе, конечно же, преследуется и определенная цель — последовательное фор-

мирование безаварийных транспортных потоков по заданным направлениям. В тех случаях, когда по всем направлениям к перекрестку в единицу времени подходит стабильное число транспортных единиц, такая система без обратной связи может быть достаточно эффективной. И трудно себе представить улицы современного города без светофоров. Но вам, вероятно, не раз приходилось наблюдать такую картину: перед красным сигналом светофора стоит масса машин, а со стороны зеленого — нет ни единой машины, ни одного пешехода. В этом случае светофор становится помехой. Но мы миримся с некоторыми его недостатками.

А можете ли вы себе представить такую картину — станок работает вхолостую, а рядом стоит станочник и ничего не предпринимает? Это будет рассматриваться как из ряда вон выходящий случай. Да, кибернетическая система станок — станочник является полной противоположностью только что рассмотренной системе и не только ей. Действительно, такие автоматические устройства, как часы, исправно служат человеку уже несколько столетий (довольно сложные технические устройства!) Ткацкий станок с программным управлением от перфорированной бумажной ленты был изобретен без малого двести лет назад и, несколько усовершенствованный, работает на многих ткацких фабриках. А металлорежущий станок-автомат, в котором так остро нуждалась промышленность, появился в массовом производстве каких-нибудь пятьдесят лет назад, а в мелкосерийном и единичном производстве широко осваивается только в наше время? Разве в таких станках не было потребности? Была, и большая! Может над их созданием работали менее талантливые инженеры? Нет, история отечественного и зарубежного станкостроения может назвать сотни и тысячи талантливейших создателей станков.

Причина в том, что эта кибернетическая система настолько сложна, что ее усовершенствование стало возможным только при очень высоком уровне развития науки и техники. Сложность такой системы в первую очередь определяется большим числом параметров, которые определяют состояние ее элементов. Очень кратко назовем некоторые из них еще раз. Параметры процесса резания. Этих параметров не только много, но между ними к тому же существует очень сложная связь.

Например, силы резания возникают при любом разрушении материала заготовки режущим лезвием инструмента. Но материал заготовки имеет неоднородную структуру, непостоянна твердость различных участков материала заготовки, изменяется геометрическая форма режущей части инструмента вследствие изнашивания. Поэтому даже при обработке одной заготовки силы резания постоянно изменяются. Под их действием деформируется заготовка, приспособление, детали станка, изменяется относительное расположение узлов и механизмов станка, заготовки и приспособления. Поэтому процесс обработки носит нестационарный характер. При этом необходимо учитывать и состояние рабочих органов станка, на которое оказывает влияние, например, изнашивание. Параметры внешней среды (температура, влажность) также оказывают возмущающее воздействие на систему и вызывают помехи и искажения. Еще больше усложняет рассматриваемую кибернетическую систему разнородный характер параметров; одни из них изменяются закономерно, изменение других носит случайный характер. А какие цели управления станком преследует станочник? Получить деталь заданного качества? Да, но не только. Разве достижение этой цели не должно быть выполнено с наибольшей производительностью? Получается, что и цель управления объектом не одна.

Как же справляется человек с управлением такой сложнейшей системой? Вопрос далеко не праздный. Когда дело касается системы человек — машина, то одна из основных задач кибернетики и заключается в том, чтобы определить рациональное распределение функций между человеком и устройством.

Первая функция станочника — получение информации о состоянии объекта управления. Мы уже сказали, что для этого он должен количественно оценить большое число параметров. Не считая некоторых простейших измерительных инструментов, делает он это только с помощью своих органов чувств.

Уникальны наши органы чувств! Средняя нормальная острота зрения составляет 0,0003 угловой минуты. Это значит, что глаз способен различать хорошо освещенный предмет размером в одну десятую миллиметра на расстоянии 25 сантиметров. Но если предмет сам светится, он может быть значительно меньше. Отверстие

диаметром в 3—4 микронметра, проколотое в листе жести, хорошо различается нормальным глазом, если за ним зажжена лампочка. Глаз способен различать 130—250 чистых цветовых тонов и 5—10 миллионов смешанных оттенков. А ухо человека! Оно наиболее чувствительно к диапазону частоты 2000—2300 герц. Но лучше всего оно воспринимает звуки в диапазоне 80—600 герц. Здесь оно способно различить, например, два звука с частотой 100 герц и 100,1 герца. Всего же человек различает 3—4 тысячи звуков различной частоты. Палец человека способен ощущать колебания амплитудой в 0,0002 миллиметра. В коже человека находится 250 тысяч рецепторов холода и 30 тысяч рецепторов тепла, 0,5 миллиона рецепторов осязания. Казалось бы, это идеальные датчики для определения геометрических параметров, температурных и динамических. Но мы не можем на глаз определить размеры поверхности с погрешностью даже в несколько десятых долей миллиметра. Еще труднее определить невооруженным глазом отклонение относительного положения нескольких поверхностей одной детали, например, двух отверстий в корпусной детали. Практически мы в этом совсем бессильны. Не можем мы контролировать непосредственно и ряд других параметров, совершенно необходимых для управления ходом процесса обработки. И тогда возникает вопрос, а как же вообще участвует человек как управляющая система в этом случае, если у него нет даже возможности получить информацию, необходимую для выработки управляющего воздействия. По-видимому, человек выходит из положения благодаря его способности запоминать результаты опытов, анализировать, обобщать их и вырабатывать на этой основе рекомендации, которые могут быть им использованы при сходных условиях обработки. Это не что иное, как самообучающаяся кибернетическая система. Но накопление такого опыта применительно к металлообработке — процесс очень длительный. Именно поэтому на подготовку квалифицированного станочника всегда требовалось много времени. Обработав информацию и приняв определенное решение, человек сам его и реализует. Те 400—680 мышц, которые насчитывают у человека ученые, могут работать с редкой координацией. Убедиться в этом можно, присутствуя на спортивных соревнованиях, балетном представлении или наблюдая за работой

многих специалистов — хирургов, часовых дел мастеров, музыкантов и т. д.

Однако представьте себе такую несложную на первый взгляд задачу. На фрезерном станке имеются стол и салазки, которые могут независимо друг от друга перемещаться прямолинейно во взаимно перпендикулярных направлениях. Может ли человек, пользуясь двумя маховиками, перемещать стол и салазки строго равномерно и с одинаковой скоростью? Даже высококвалифицированный фрезеровщик не сможет этого сделать. И для того, чтобы у станочника выработалась необходимая координация движений, требуется большой практический опыт и талант. Как видите, человек как управляющая система далек от совершенства.

Создание станков-автоматов с такими программно-носителями, как кулачки, упоры и т. д., немного улучшило работу системы только благодаря тому, что человек на этапе передачи некоторых управляющих воздействий был заменен программносителем. Но наладчик и оператор станка по-прежнему оставались элементами этой кибернетической системы. Только теперь они были освобождены от непосредственного физического участия в процессе обработки. Но и прямая, и обратная связи между человеком и машиной по-прежнему были далеки от совершенства.

Да, обработка на станках связана с большим объемом информации, которую необходимо воспринимать и перерабатывать, и малым временем на выработку управляющих сигналов. Возможности человека здесь оказались ограниченными. Современную кибернетическую систему в металлообработке удалось создать только после появления надежных и быстродействующих ЭВМ. Станки с программным управлением принципиально изменили систему станочник—станок. Трудно себе представить, чтобы человек смог также быстро и точно управлять как рабочими, так и вспомогательными процессами, как это делает станок с ЧПУ.

Применение ЭВМ ввело несколько уровней управления процессом обработки. Один из них — собственно программное управление от ЭВМ. Но применение ЭВМ как управляющего устройства наиболее эффективно только в том случае, если существует обратная связь между нею и станком. Иначе такая система напоминает светофор, о недостатках работы которого мы

говорили. Но для этого необходимо обеспечить поступление в ЭВМ необходимой информации о ходе процесса обработки. Поэтому в станках с ЧПУ и введены различные датчики, контролирующие различные параметры процесса. В настоящее время самым распространенным является контроль фактических перемещений рабочих органов по командам управляющей системы. Управляющее устройство сравнивает их с заданными и вносит необходимые поправки.

Мы уже говорили о более высокой степени автоматизации, когда система некоторое время работает вообще без участия человека. Такая система требует более полного контроля процесса обработки. И уже появились первые станки с ЧПУ, в которых автоматически производится замена сломавшегося инструмента или ее полное отключение до наступления аварийного состояния. И все же человек по-прежнему остается решающим элементом кибернетической системы. Но функции его значительно изменились. Каждый раз, когда усложняется система управления, человек как элемент управляющей системы поднимается на более высокий уровень в иерархии управляющих элементов. Можно сказать, что развитие станочных кибернетических систем идет в направлении, которое обеспечивает человеку только функции оператора. С точки зрения освобождения человека от тяжелого физического труда это направление является единственно правильным. Результаты исследования Рязанского медицинского института показали, что мышечная утомляемость токаря-универсала повышается в первые два часа работы на 20%, а к концу смены — на 33%. Соответственно часовая выработка рабочего-универсала колеблется в течение смены, а на станках с ЧПУ производительность стабильна.

Как улучшить работу оператора как элемента сложной кибернетической системы? Этому вопросу сейчас уделяют очень много внимания. Еще раньше в кибернетике выделилась самостоятельная дисциплина — эргономика. Применительно к универсальным станкам по ее рецептам конструировались все органы управления. Их расположение на станке, число, конструктивное оформление предусматривались таким образом, чтобы в наибольшей степени облегчить станочнику управление станком. Теперь с появлением станков с

ЧПУ многие представления в этой области изменились. Главное внимание уделяют тому, чтобы обеспечить оператору всю необходимую информацию для контроля и управления процессом работы всего сложного комплекса механизмов и устройств. В частности, одним из технических средств решения такой проблемы является применение дисплеев. Их все шире применяют в станках. Последние образцы снабжаются даже цветными дисплеями, которые могут выдавать информацию большого объема на пяти языках. И на такие затраты идут не зря. Действительно оператор, который в любой момент времени может получить полную информацию о ходе процесса, о состоянии всех элементов системы, может и активно влиять на ход событий.

Но... Он окажется главным элементом в управляющей системе человек—машина только в том случае, если будет досконально знать все тонкости дела, устройство и работу всех механизмов и устройств, составляющих одну из сложнейших кибернетических систем, широко используемых человеком в современном производстве. В противном случае это главное звено может играть как минимум пассивную роль.

Так само существо дела отвергает такую постановку вопроса об операторе, когда ему отводится роль простого придатка машины, как несостоятельную, не отвечающую ни технической, ни социальной стороне этого важнейшего дела.

Кибернетика играет все большую роль в станочном деле. И думается недалеко то время, когда она станет обязательной дисциплиной в ПТУ и поможет быстрее и лучше готовить высококвалифицированных специалистов станочников.

ТРЕБУЮТСЯ УНИВЕРСАЛЫ

Физический труд не только не исключает возможности умственной деятельности, не только улучшает ее достоинство, но и поощряет ее.

Л. Н. Толстой

Итак, мы познакомились с автоматами и полуавтоматами. Эти умные и умелые машины никого не оставляют равнодушными. Одни становятся восторженными их поклонниками, другие, в силу целого ряда причин, проявляют в отношении их сдержанность, не отрицая их больших достоинств.

Но дело, конечно, не в том, что кому-то нравится работать на станках с программным управлением, другие боятся просто «состоять при машине». Ведь промышленное применение любой новой машины обусловлено объективными потребностями производства. Однако в наше время наряду со станками-автоматами и полуавтоматами широко применяют и обычные универсальные станки. Чтобы убедиться в этом, достаточно посетить отделы кадров машиностроительных предприятий, научно-исследовательских институтов и опытных производств в различных отраслях народного хозяйства. Везде требуются станочники-универсалы. Что это? Сила привычки, нехватка более современных станков, в том числе и с ЧПУ? Или есть более веские причины?

Чего не могут автоматы?

Просматривая однажды журналы «Наука и жизнь», я обратил внимание на одну фотографию: на ней был изображен шарик диаметром несколько десятков миллиметров. Необычность этого изделия заключалась не в его форме, а в том, что внутри этого шарика находились еще пять шариков — один внутри другого. И сделано это изделие было из одного куска металла.

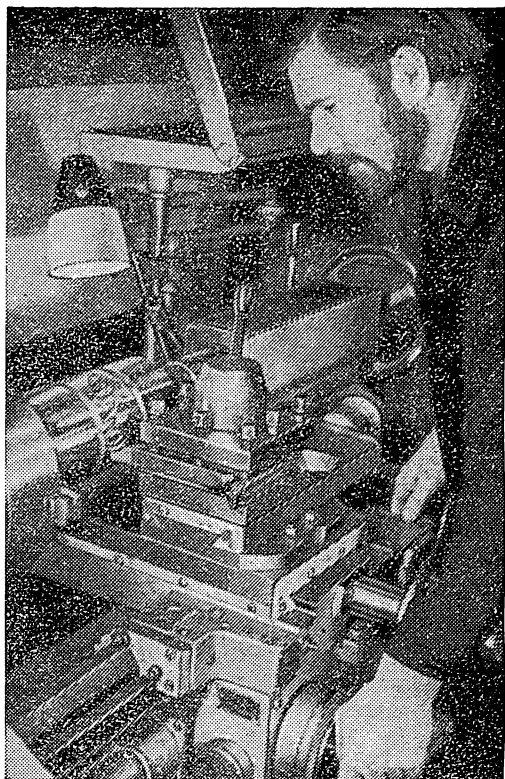
Традиция делать диковинные вещи очень древняя. На востоке их изготавливали из слоновой кости. И не только потому, что этот материал высоко ценился. Причина

более буднична — кость достаточно хорошо обрабатывается. Ведь делали-то все вручную. Конечно, брались за такую работу мастера самого высокого класса. И, как правило, не могли закончить ее за всю свою жизнь. Продолжали дело своего учителя ученики. И так на одно изделие уходила жизнь нескольких поколений. Такие вещи часто экспонируют в музеях, как примеры величайшего умения и терпения.

Но изделие на снимке не музейный экспонат, и изготовлено оно из современного высокопрочного материала. Но удивительное в нем все же есть. И заключается оно в том, что изготовлено оно токарём на универсальном токарном станке. Правда, токарём высшей квалификации Д. В. Кайданом. И изготовил он его не для того, чтобы удивить людей. Хотя изделие и достойно удивления. Нет, сделал он его для своих учеников, чтобы показать им, что возможности настоящего мастера, в совершенстве владеющего станком, безграничны.

Вероятно, нет такого высококвалифицированного станочника, который однажды не почувствовал бы острого желания сделать что-нибудь необычное. Такая демонстрация своего мастерства является совершенно естественным выходом творческой энергии и одновременно служит прекрасным примером для молодых станочников.

Речь идет даже не о мастерстве, а об искусстве. Этот процесс родственен искусству импровизации. Вот пианист-импровизатор выходит на сцену, подходит к роялю. Он еще не знает, какую тему ему предложат. У него, естественно, нет никакого нотного текста. И вот тема... И начинается процесс творчества, загадочный и неповторимый. Слушатели становятся как бы соучастниками этого удивительного созидания, когда одна тема вдруг совершенно неожиданно и самым органическим образом перерастает в другую, они переплетаются, перекликаются, образуют сложнейшие музыкальные узоры. И совершенство исполнения создает видимость необычайной простоты и естественности. Но не только вдохновение музыканта делает его исполнение таким совершенным. За всем этим стоит и большой труд, каждодневный, многомесячный в течение многих лет, тот труд, который и дал ему совершенную технику исполнения, тот труд, который сделал автоматическими его трудней-



Токарь-универсал за работой

шие приемы. Именно это освободило его от необходимости следить за своими руками, и все его внимание теперь направлено на содержание, на его трактовку.

Сродни такой импровизации и творчество станочника-универсала высокой квалификации. И продукт его творчества — тоже в своем роде произведение искусства. Так же, как и слушатель не может остаться равнодушным к импровизации музыканта, так и ни один специалист не может не оценить виртуозное искусство хорошего станочника. И самое интересное состоит в том, что в паспорте самого совершенного универсального станка вы не найдете указания о том, что он предназначен для выполнения таких работ. Нигде и в учебниках по станочному делу не найти рекомендаций по изготов-

лению таких сложнейших изделий. Значит, возможности станка определяются не только его устройством, а, в первую очередь, станочником. Это еще раз говорит о том, что в системе станочник—станок решающим звеном является человек. Он является творческим началом, только он может созидать, находить новые решения, держать, открывать новые, скрытые до поры до времени возможности и станка, и инструмента, и приспособления. Конечно, главенствующая роль станочника проявляется только в том случае, если он творчески решает стоящие перед ним технические задачи, а не просто состоит при станке.

А что же станок-автомат или полуавтомат, особенно с ЧПУ? Вы ведь помните, что очень многие станки с ЧПУ и создают на основе универсальных станков. Их исполнительные органы имеют такие же рабочие движения. И именно характер движения исполнительных органов и определяет процесс формообразования поверхностей. Разница, казалось бы, небольшая — на универсальном станке эти движения совершает или контролирует сам станочник. И может быть именно это — одна из причин, почему автомат не может создать такое уникальное изделие. Не может до тех пор, пока его не научит человек. Только человек может творить, создавать то, чего не было до сих пор. Автомат же только воспроизводит те движения и процессы, которые ему предписал человек.

Может возникнуть вопрос, а разве не может творить технолог, который создает программу для автомата? Ведь и опытный технолог к этой работе должен подходить творчески. Действительно так. Высококвалифицированные технологи-программисты открывают новые возможности станков, заставляют их зачастую делать и то, что не было предусмотрено при их создании.

Но программа для станка — это четкая последовательность его действий, закодированная строгим математическим языком. Отступления от этой программы практически невозможны. Эта система человек—машина не обладает той гибкостью, которой обладает универсал и универсальный станок. И еще одно обстоятельство. Кто лучше всего может знать возможности станка, как не человек, который постоянно на нем работает, хорошо «чувствует» материал. Даже самый опытный технолог не может знать, на что способен универсал, ког-

да столкнется в своей работе с необычным заданием. Из каких запасников своей памяти выберет он решение, или оно возникнет у него только теперь. Именно в таких ситуациях станок-автомат не может конкурировать с опытным станочником. Ведь сам термин универсал произошел от латинского *universalis*, что значит всеобщий. Следовательно, универсал — это станочник разносторонний. Но и буквально понимать этот термин тоже нельзя, ибо станочные профессии стали очень дифференцированными. Ведь даже токарные универсальные станки подразделяют на несколько типов, на них работают станочники-универсалы разной специализации. Так что же тогда понимать под универсалом? В наше время принято считать универсалами тех станочников, которые работают на универсальных станках с ручным управлением и выполняют самые разнообразные работы, свойственные определенному типу станка.

Но мы начали разговор с уникального изделия. И сразу оговорились, что это сознательная демонстрация мастером своего искусства. Может быть в технике и нет необходимости в таком искусстве? Много ли в наше время, когда унификация и стандартизация достигли необычайно высокой степени, таких уникальных деталей. И что такое уникальная деталь, чем она отличается от обычной? Почему ее может сделать универсал, а не автомат — более совершенная машина по сравнению с обычным станком с ручным управлением?

Уникальной деталью следует считать такую, при изготовлении которой непригодны уже известные методы и приемы или требуется необычайно высокое умение. Ее изготовление связано с необходимостью постоянного поиска новых технических решений, для чего необходимо присутствие станочника, который мог бы их находить и немедленно применять.

А что касается вопроса, много ли в настоящее время в технике именно таких деталей, то на него можно ответить однозначно — очень много! Каждый новый образец изделия в авиации, энергетике, станкостроении и любой другой области техники содержит такие детали. Только после освоения производства изделий эти детали становятся обычными. Но на смену одним изделиям приходят другие, и опять новые детали ставят перед станочниками и технологами сложнейшие задачи. Вот такие задачи автоматы пока решать не могут. Но это

один из аспектов проблемы. Есть и другие причины, которые ограничивают область применения автоматов и делают совершенно необходимым труд универсалов. Мы больше всего видим такой продукции машиностроения, как автомобили, тракторы, комбайны, бытовая техника. Знаем, что их выпускают сотнями тысяч в год. Об этом пишут газеты, говорят в передачах радио и телевидения, пишут в популярных книгах. И создается представление, что все в машиностроении выпускается в очень больших количествах — то, что мы называем массовым и крупносерийным производством.

Но в действительности дело обстоит совсем не так. Массовая продукция составляет чуть более одной десятой от общего объема выпускаемой продукции. А серийная и единичная продукции составляют более двух третей. Что значит единичное производство или единичное изделие? Это значит, что изготавливают его в единственном экземпляре или в нескольких экземплярах. В таком изделии, как правило, самые важные и ответственные детали неповторимы.

Представим себе, что проблему применения автоматов и универсальных станков обсуждают два собеседника. Один из них — горячий поклонник автоматов, выступающий за их применение во всех областях и отраслях производства, другой — к автоматам и полуавтоматам относится осторожнее и сдержаннее. Первый собеседник ссылается на станки с ЧПУ, которые впервые в истории производства позволили решать вопросы автоматизации серийного производства, говорит, что они универсальны, легко перенастраиваемы и так далее. Второй собеседник, не отрицая больших возможностей и достоинств этих станков, все же считает, что универсальные станки не отжили свой век и во многих случаях могут быть полезны. Более того, он утверждает, что есть такие области производства, в которых универсальные станки будут более рентабельны, чем станки с ЧПУ.

Положим, что решить свой спор они решили непосредственно на производстве. Они отправились на предприятие, где продукцию выпускают очень маленькими сериями и в единичных экземплярах. В цехе они остановились перед станком, на котором работал универсал. Вот он берет чертеж очередной детали и начинает внимательно его изучать. На это он затратил много времени, по-видимому, деталь была достаточно сложной.

Затем он откладывает чертеж в сторону, готовит какие-то приспособления и инструменты. Наконец, дело доходит до заготовки и он устанавливает ее на станок. Подбрав частоту вращения заготовки и включив нужную подачу, он, наконец-то, начинает обработку заготовки. Станочник неоднократно прерывает обработку, чтобы проконтролировать размеры поверхностей. И перед обработкой каждой из них ему приходится настраиваться, чтобы получить требуемые размеры. Его, казалось бы, неторопливые движения плохо действуют на сторонника автоматизации. Разве можно в наше время работать так непроизводительно, когда есть такие чудесные станки, которые сами в несколько раз быстрее сделают эту деталь! При обработке на станке с ЧПУ оператору не потребовалось бы ни изучать так долго чертеж, ни настраивать каждый раз инструмент на получение заданного размера поверхности. Станок сам без всякого перерыва обрабатывает заготовку от начала до конца и превратит ее в готовую деталь.

Да, затраты времени на обработку заготовки на станке с ЧПУ и на универсальном станке говорят не в пользу последнего. И в этом отношении сторонник универсальных станков не может с этим не согласиться. Но что это? Станочник-универсал наконец заканчивает обработку заготовки, снимает со станка готовую деталь, откладывает ее на стеллаж. И берет уже другой чертеж и так же начинает подготовку к изготовлению уже другой детали. Оказывается те детали, которые он делает, необходимы в единственных экземплярах!

Сторонник универсальных станков обращает внимание своего собеседника на этот факт и подчеркивает, что каждая новая деталь требует иных условий обработки, инструментов и даже приспособлений. Что же потребуется все-таки для применения в этих условиях того же станка с ЧПУ? Казалось бы все обстоит очень просто: ввел программу, установил заготовку, обработал ее, снял. Ввел программу на обработку следующей заготовки и таким же образом обработал и ее. Просто, производительно и с высоким качеством!

Но вы не забыли, напоминают стороннику автоматизации, что каждую программу для станка с ЧПУ необходимо сначала разработать, закодировать и перенести на носитель информации, например перфоленту. Станок необходимо наладить. Заготовка в единственном экземп-

ляре. Поэтому для страховки программу проверяют сначала вхолостую. Ну, кажется, все в порядке. Началась обработка. Красиво, не правда ли, и главное очень быстро заготовка была обработана. Но что же оказалось? Итоги не вызвали особой радости у работников цеха. Общее время, затраченное на изготовление этой детали, включая время на подготовку программ, оказалось в несколько раз больше, чем тратил на ее изготовление станочник-универсал. И сколько людей пришлось привлечь к изготовлению этой единственной детали. Действительно, она оказалась «золотой»! Не забывайте, что и сам станок с ЧПУ гораздо дороже обычного универсального, и это тоже сказалось на стоимости детали.

И если таким образом готовить программы для обработки каждой детали, а их проходят через цех за месяц тысячи, то сколько же необходимо специалистов-технологов, наладчиков и представителей других профессий!

Да, согласился сторонник автоматизации, когда потребности в каждой детали исчисляются единицами, станочники-универсалы вполне могут справиться с их обработкой и это, пожалуй, будет дешевле и производительнее.

Итак, получается, что возможности автоматов и полуавтоматов небеспредельны. Нельзя учитывать только то время, которое затрачивается непосредственно на обработку заготовки. Вспомним и то время, которое пошло на подготовку программы. Непосредственно в работе станок с ЧПУ на каждую деталь потратит меньше времени, чем станочник-универсал. А вот подготовка его к работе более трудоемка. И на одной детали станок с ЧПУ не может перекрыть предварительные затраты на свою наладку так, чтобы суммарное время было меньше, чем при обработке на обычном станке.

А если требуется несколько одинаковых деталей? С каждой новой деталью увеличивается выигрыш станка с ЧПУ на стадии обработки. И при определенном их количестве суммарные затраты на станке с ЧПУ меньше, чем при обработке их на универсальном станке. И только начиная с этого минимального числа одинаковых деталей, подлежащих изготовлению, применение станков с ЧПУ становится экономически целесообразным. Это минимальное число зависит от многих причин. Например, чем сложнее заготовка, тем больше времени на об-

работку она требует. Тем больше может быть выигрыш на каждой детали при обработке ее на станке с ЧПУ. Практика показала, что при изготовлении сложных деталей применение такого станка становится целесообразным уже в том случае, если их требуется всего несколько штук. Простые детали, наоборот, рационально изготавливать на полуавтомате, если их требуется несколько десятков штук. В каждом конкретном случае расчетом легко определить, какой станок экономичнее.

Таким образом, один из наиболее существенных недостатков станков-автоматов и полуавтоматов состоит в том, что без тщательной и трудоемкой подготовки они не смогут сделать даже самую простую деталь. И если времени на такую подготовку по каким-нибудь причинам нет или его требуется столько, что за это время деталь можно сделать на универсальном станке, то станок с ЧПУ применять экономически нецелесообразно. Конечно, по мере того, как будут совершенствоваться сам процесс подготовки программ и сами станки, область их применения будет расширяться. И там, где сегодня они еще не могут конкурировать с обычными станками с ручным управлением, они прочно войдут в производство.

Применение станков-автоматов иногда ограничивается и другими причинами. Бывают заготовки низкого качества. В частности, тот слой материала, который необходимо удалить с поверхности заготовки, имеет очень неравномерную толщину. Станок-автомат не может обработать такую поверхность с малыми отклонениями потому, что условия обработки будут непостоянными. И тогда черновую обработку такой заготовки делают на универсальном станке, а окончательную — на станке с ЧПУ. Этим примером мы хотели показать, что применение нового вида автоматизированного оборудования влечет за собой необходимость повышения культуры производства и на смежных этапах производства.

Итак, обсуждение достоинств и преимуществ автоматизированного оборудования и станков с ручным управлением позволило собеседникам прийти к единому мнению: каждому виду станков соответствует своя область, в которой он наиболее рентабелен.

Но не противоречит ли это генеральному направлению в области станкостроения — всемерному увеличению выпуска станков с ЧПУ и сокращению производ-

ства универсальных станков? Нет, никакого противоречия здесь нет. К сожалению, из огромного числа металлорежущих станков, которые работают в промышленности, доля станков с ЧПУ очень мала. Так, в 1981 году из 205 тысяч выпущенных в стране станков с ЧПУ было немного более 10 тысяч. Поэтому во многих случаях, где их рационально применять, вынуждены использовать обычные универсальные станки. А это, как мы убедились, не только экономически невыгодно, но и требует большого числа станочников. Поэтому, действительно, таких станков-полуавтоматов для мелкосерийного производства необходимо выпускать больше вместо универсальных станков. Что же касается универсальных, то они по-прежнему нужны, их необходимо выпускать, совершенствовать и применять там, где они дают наибольший экономический эффект.

Знать или уметь?

Сама постановка вопроса кажется немного странной. Но давайте сделаем маленькое отступление. На протяжении многих тысяч лет одним из основных видов оружия человека был лук. И только несколько столетий назад он был окончательно вытеснен более совершенными огнестрельными ружьями. Надо сказать, что наши предки в совершенстве владели луком. На полном скаку, в сильный ветер они поражали движущиеся цели с поразительной меткостью. Но они не знали того, что знаем теперь мы о законах движения стрелы. Школьники седьмого-восьмого классов подробно расскажут о кинематике полета стрелы, произведут векторное вычисление ее траектории. И в итоге скажут, как надо стрелять при заданной скорости движения всадника, а также известных скорости и направлении ветра. Но... мы так же метко стрелять не сможем. Вот и получается, что можно не знать, но уметь, и наоборот — знать и не уметь. Что же важнее? Казалось бы, что, учитывая характер работы станочника, можно сказать однозначно, что для него важнее всего уметь.

Но не будем спешить. Сначала все же поговорим о характере его труда, а выводы сделаем потом. Говорить о станочниках-универсалах очень трудно. Это связано с тем, что это люди с ярко выраженными индиви-

дуальными чертами. Недаром говорят, что двух одинаковых станочников-универсалов нет, одну и ту же работу каждый из них сделает по-своему. И характер работы, которую они выполняют, часто слишком различается, чтобы можно было ее сравнивать. Да, именно так и получается — трудно сравнивать представителей одной и той же профессии. Поэтому, по мере возможности, не вдаваясь во все тонкости работ, которые они выполняют (таких работ бесчисленное множество, и об этом можно писать многие тома), попробуем найти наиболее общие и существенные черты их работы. Те черты, которые и позволяют ответить на вопрос, поставленный в заглавии.

Но сначала несколько слов об особенностях станков, на которых они работают. Их универсальность определяется несколькими особенностями их конструкции.

Во-первых, на них можно устанавливать заготовки разнообразными способами. Это и дает возможность изготавливать на них детали различных размеров и конфигураций.

Во-вторых, хорошо, когда на станке можно использовать различные инструменты. Тогда ими можно обрабатывать различные поверхности с требуемым качеством.

В-третьих, хороший универсальный станок сконструирован так, что его рабочие органы могут совершать относительно друг друга самые разнообразные движения. Благодаря этому на станке можно обрабатывать поверхности различной формы, по-разному ориентированные в пространстве и различными инструментами.

В-четвертых, на универсальных станках можно в широких пределах регулировать скорости его рабочих органов. Вспомним, что у самой распространенной легкой автомашины «Жигули» коробка передач имеет четыре передачи. А вот у токарно-винторезного станка 16К20 шпиндель может вращаться с двадцатью четырьмя различными частотами. Благодаря этому можно изменять скорость резания в широких пределах в зависимости от диаметра и материала заготовки, а также других условий обработки.

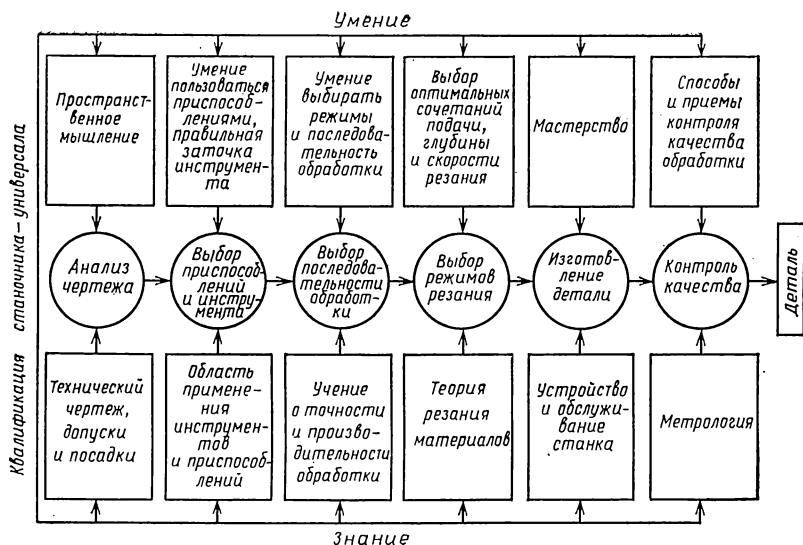
Пятая особенность универсальных станков состоит в том, что они комплектуются различными дополнительными приспособлениями и устройствами, которые еще больше расширяют круг возможных работ.

И, наконец, шестая конструктивная особенность универсальных станков — удобство их управления. При обслуживании этих станков движения станочника должны быть естественными, экономными, в пределах поля его зрения.

А каким же требованиям должен удовлетворять второй элемент этой системы — станочник-универсал? Назвать эти требования — значит ответить на вопрос, представляющий собой название раздела — что он должен знать и уметь.

Проанализируем работу станочника-универсала. Мы уже говорили, что он получает задание в виде чертежа детали, которую он и должен изготовить. Поэтому чертеж можно считать закодированным заданием станочнику. Почему закодированным? Потому что при его составлении используют условный технический язык, который включает в себя графическую часть и информацию, закодированную в виде ряда условных обозначений, букв и цифр. При изучении чертежа детали прежде всего необходимо мысленно представить ее себе. Быстро и глубоко разобраться в чертеже нелегко. Нужен многолетний опыт и хорошее знание технического черчения, в основе которого лежит представление детали в виде ее проекций. Его элементы дают в школе. Но их совершенно недостаточно, чтобы быстро и хорошо «читать» чертеж. Ведь на нем сложную деталь, как правило, представляют в нескольких проекциях, с многочисленными разрезами и сечениями. Если на такой чертеж посмотрит неподготовленный человек, то он не сможет даже представить себе внешний вид детали, не говоря уже об особенностях ее конструкции. А станочник должен это сделать с минимальными затратами времени. Поэтому кроме хорошего знания технического черчения он должен обладать развитым пространственным мышлением. Это особенно относится к станочникам-универсалам, изготавливающим сложные корпусные детали, штампы и подобные им детали на копировально-фрезерных, горизонтально-расточных станках и в целом ряде других станков.

Однако мысленно нарисовать в своем воображении общий вид детали не основная задача, которую ставит перед собой станочник. Гораздо большее значение для него имеет информация о тех поверхностях, которые необходимо обрабатывать. На чертеже о каждой отдель-



Как полноводная река образуется из отдельных ручейков, так и мастерство станочника складывается из многих «знаю» и «умею»

ной поверхности дается следующая информация: геометрическая форма, размер, допустимые отклонения размера и геометрической формы, допускаемая шероховатость. Взаимосвязь между поверхностями детали тоже носит геометрический характер. Например, задают расстояние между ними. Оговаривают взаимное расположение поверхностей: одни поверхности должны располагаться строго параллельно друг другу, другие — перпендикулярно, третьи — под определенным углом и так далее. Ввиду того, что такое расположение невозможно обеспечить без отклонения, на чертеже задают допустимые отклонения от параллельности, от перпендикулярности и другие отклонения. Эти отклонения приводят в угловых или линейных величинах. Практически вся эта информация тоже закодирована условными обозначениями. Для того чтобы раскодировать и осознать ее, необходимо хорошо знать техническую дисциплину, которая называется «Допуски и посадки».

У непосвященного человека может возникнуть вопрос, а зачем вообще кодировать эту информацию на чертежах, не проще ли было бы дать ее, так сказать,

открытым текстом. Конечно, это можно сделать. Но тогда для каждой детали придется писать целые рассказы, а для особенно сложных — целые очерки. Чтение их займет намного больше времени, чем изучение такого закодированного чертежа подготовленным человеком. И, кроме того, единая система подготовки чертежей исключает неоднозначность описания наиболее важных свойств детали.

Всю полученную информацию необходимо быстро и целенаправленно проанализировать и принять необходимые решения. Что это за решения? Они очень важны для всей последующей работы, и, в конечном счете, определяют качество и производительность обработки. Укрупненно эти решения должны отвечать на следующие вопросы. Какой должна быть последовательность обработки заготовки? Это значит, что станочник определяет, сколько раз и с какими режимами следует обрабатывать каждую поверхность в зависимости от предъявляемых к ней требований. В какой последовательности он будет обрабатывать различные поверхности и каким инструментом? Какой поверхностью будет установлена заготовка на станке, какое приспособление будет использовано для этой цели? Станочник-универсал при решении этих задач должен хорошо знать и физику резания и, что не менее важно, закономерности образования в процессе обработки тех погрешностей, которые делают поверхность далекой от ее идеального прототипа, а шероховатость значительной. Например, опытному станочнику известно, что поверхность с малыми отклонениями формы можно получить только в том случае, если при окончательной обработке с нее будет сниматься очень маленький слой материала. Почему? Чем больше удаляется материала с заготовки, тем больше сила резания, тем значительнее теплообразование в зоне резания, тем быстрее изнашивается инструмент.

Эти явления отрицательно влияют на точность обработки. Именно поэтому такую поверхность он будет обрабатывать не один раз, а два, а то и три раза, каждый раз уменьшая толщину срезаемого слоя. И при каждой последующей обработке у него будет получаться все меньшее отклонение. Так же обстоит дело с шероховатостью и другими показателями качества поверхности. Таким образом, это совсем не простая задача.

Чтобы управлять каким-то процессом, надо знать закономерности его протекания. И станочник должен знать и как изнашивается инструмент при обработке различных материалов, и сколько тепла образуется в зоне резания, и как оно распределяется между инструментом, заготовкой и узлами станка, и многое другое. И не только знать эти процессы, но и умело управлять ими, чтобы достичь заданного качества обработки. При всей сложности этих задач станочник помнит и о том, что решить их надо с наивысшей производительностью.

А последовательность обработки различных поверхностей? Ну вот, к примеру, совсем простой случай: на поверхности заготовки необходимо просверлить десять отверстий. Можно на радиально-сверлильном станке. В какой последовательности их обрабатывать? Ведь с математической точки зрения число возможных вариантов определяется числом перестановок из десяти, а это 3 628 800 вариантов. Даже если отбросить заведомо нерациональные, то все равно остается немало! И все они неравноценны по затратам времени.

Пожалуй, именно при решении таких задач станочник может быть, сам того не зная, подсознательно пользуется элементами комбинаторики. Этот раздел элементарной математики как раз и занимается изучением различного вида совокупностей — размещениями, сочетаниями, перестановками. И конечно, если у станочника есть природные математические задатки или он их усиленно развивает на практике, то он всегда найдет лучший и более производительный вариант обработки.

Выбор инструмента — это тоже обязанность станочника. Поэтому он должен совершенно свободно ориентироваться во всем многообразии современного инструмента и инструментальных материалов, знать их особенности, преимущества и недостатки и, главное, — область рационального применения. Неправильно подобранный инструмент — это не только возможный брак в работе, но и низкая производительность. Поэтому передовые станочники всегда инструменту уделяли особое внимание.

Необычайно большую роль в повышении производительности и качества обработки играет правильная заточка инструмента. Подобрать оптимальное сочетание углов, образующих режущую часть инструмента, — это большое искусство. Искусство потому, что не всегда со-

временная наука о режущих инструментах может дать исчерпывающий ответ на все случаи жизни. И в таком случае талант, знания, опыт и интуиция станочника могут сыграть решающую роль. Большинство инструментов от изготовителя к потребителю приходят уже заточенными. Казалось бы, бери и работай. Но стандартные инструменты затачивают для работы в каких-то средних условиях, с учетом применения нормативных режимов резания. А каждый станочник на основании своего опыта во многих случаях может вести обработку более производительно, чем это предусматривают нормативы. Но для этого требуется изменить режущую часть инструмента. И каждый опытный станочник должен уметь самостоятельно сделать заточку инструмента так, как ему это необходимо. Но случается, что подготовленный станочником инструмент работает не так. Материал режется с трудом. Опытному станочнику об этом говорит многое: и поведение станка, и то, как идет стружка и какого она цвета и формы, а также многое другое, что незаметно непосвященному человеку. Тогда станочник берет инструмент и вновь затачивает его. И можно стать свидетелем того, как казалось бы незначительное изменение, внесенное им в режущую часть инструмента, совершенно меняет картину обработки. Там, где только что резание происходило с большим трудом, а станок «недовольно» гудел, все совершенно изменилось: тихо и ровно заработал станок, стружка без всякого труда отделяется от заготовки и сбегает по инструменту.

Особенно часто задают станочнику такие «загадки» новые материалы. Казалось бы многократно проверенный способ заточки инструмента при обработке нового материала ставит станочника в опасное положение в прямом смысле слова. Стружка вдруг с огромной скоростью в виде непрерывной ленты с острыми зубринами устремляется на станочника. Нагретая до высокой температуры, она, как джин, выпущенный на свободу, стремится к разрушению. Конечно, обработка в таком случае сразу прекращается, и станочник ищет способ иной заточки режущей части инструмента. Чем опытнее станочник, тем реже может возникнуть такая ситуация, даже если ему пришлось столкнуться с совершенно новым материалом. Его опыт и знания некоторых характеристик нового материала подскажут

ему наиболее безопасный и технически приемлемый вариант заточки инструмента. Именно поэтому в опытном производстве при возникновении сложных проблем с обработкой новых материалов инженеры и ученые часто советуются с высококвалифицированными станочниками.

Не менее важно правильно выбрать способ установки заготовки на станке и необходимое приспособление. Особое значение эта задача имеет при обработке легко деформируемых заготовок и заготовок сложной формы и больших габаритов. Неправильно выбранный способ может привести к значительным деформациям заготовки под действием сил закрепления. В другом случае ошибки в выборе способа установки заготовки на станок приводят к потерям драгоценного времени на дополнительную переустановку ее.

Но вот деталь изучена, намечена последовательность ее изготовления, подобраны необходимые инструменты и приспособления, заготовка установлена на станке. Можно начинать работу. Но...

Настройка станка! Иногда она связана с такими сложностями, что инженеры стараются переложить такие функции на ЭВМ. Обычно под настройкой понимают подбор необходимых скоростей резания, подачи и глубины резания. Такой настройки требуют большинство универсальных станков — токарных, фрезерных, сверлильных. И вот при настройке станка станочник-универсала подстерегает особенно много опасностей. А опытный станочник именно при настройке добивается значительного выигрыша как в качестве, так и в производительности обработки. В чем же сложность этой, на первый взгляд, простой операции? Простой потому, что имеются нормативы режимов резания, многократно проверенные, которыми широко пользуются в промышленности. Выбирай из них и устанавливай на станке соответствующие скорости движения рабочих органов простым переключением рукояток коробок скоростей и подач. А уж глубину резания установить и того проще — вращай ту рукоятку, которая изменяет взаимное положение инструмента и заготовки перед обработкой и по лимбу этой рукоятки отсчитывай перемещение. Но не зря говорится, что быстро сказка сказывается, да не быстро дело делается. Мы неоднократно подчеркивали, что станочник-универсал выполняет не обычную рядо-

вую работу, а сложную. И сложности эти связаны и с качеством обработки, и с необычным материалом, и с целым рядом других особенностей. И не всегда в нормативах есть необходимые рекомендации.

Любое изменение условий обработки немедленно скажется на элементах режима резания. Стоит только изменить, например, скорость резания, как тут же потребуется изменить и подачу и глубину резания. А таких изменений могут потребовать особые физико-механические свойства материала заготовки или состояние ее поверхностного слоя. К примеру, две заготовки одной и той же детали могут быть получены различными способами — литьем и прокатом. Почти по всем своим характеристикам они близки, но вот состояние их поверхностей отличается, как небо от земли. В противоположность поверхности прокатанной заготовки у отливки поверхностный слой всегда доставляет станочникам много неприятностей. Он насыщен частицами формовочной смеси, основным компонентом которой является кварцевый песок. А это ведь природный абразивный материал! И если не принять специальных мер, то он окажет самое пагубное воздействие на инструмент. Уже через несколько минут обработки его режущая часть будет неузнаваема — так быстро будет протекать ее изнашивание. Естественно, что станочник должен это знать и уметь принимать эффективные меры по борьбе с таким вредным явлением. И наиболее радикальным средством является правильный подбор режима резания на черновых операциях обработки литой заготовки, когда с нее будет удаляться как раз этот неприятный поверхностный слой.

Каждый станочник знает, что главным элементом режима резания является скорость резания. Именно она определяет условия разрушения материала заготовки и перехода его в стружку. И она же оказывает очень большое влияние на качество и производительность обработки. Собственно говоря, вся история металлообработки — это сплошная борьба за увеличение скорости резания. Промышленность постоянно получает от металлургов все новые инструментальные материалы. Только за последние сто лет скорость резания удалось поднять в сотни раз. Но каждый инструментальный материал может производительно работать только тогда, когда скорость резания строго соответствует условиям

обработки. И совсем необязательно работать всегда с той максимальной скоростью, которую он вообще допускает. Это объясняется тем, что скорость резания оказывает большое влияние на стойкость инструмента. Стойкость — это то время, которое непрерывно может работать инструмент при определенных условиях. Она измеряется в минутах. А зависимость между скоростью резания и стойкостью нелинейная.

Представим себе, что инструмент из какого-то инструментального материала работает с наиболее благоприятной для него скоростью и в нормальных для него условиях. Будем считать за 100% и эту скорость резания и соответствующую ей стойкость. Теперь, не меняя условий обработки, уменьшим скорость резания на 25%. Тогда стойкость инструмента увеличится и составит 425% первоначальной стойкости. А если увеличить скорость резания на 25%? Оказывается, стойкость резко упадет и будет составлять только 33% от первоначальной. Этот упрощенный пример наглядно показывает, насколько скорость резания влияет на стойкость инструмента. Пока не совсем ясно, куда клонится дело. Вполне очевидно, что чем выше скорость резания, тем больше материала будет срезаться с заготовки в единицу времени. Тогда в чем вопрос? Давайте и работать с максимально допустимой скоростью резания! Но не спешите. Вот в рассматриваемом примере мы увеличили скорость резания на 25%. Предположим, что производительность съема материала увеличивали тоже на четверть. Но стойкость инструмента снизилась в три раза. Значит придется три раза заменять резец. Хорошо, если такое число инструментов заранее припасено и находится под рукой. Но ведь и в этом случае приходится три раза останавливать станок и менять инструменты. И затраченное на это время может быть намного больше, чем выигрыш во времени на непосредственное резание. И в итоге вместо ожидаемого повышения производительности — одни убытки и производству и самому станочнику.

Но на скорость резания оказывают влияние по крайней мере еще полтора десятка факторов, отчего задача еще более усложняется. Когда инженер-технолог подробно проектирует технологический процесс обработки какой-то заготовки, он рассчитывает по формулам скорость резания. А эти формулы исследователи получи-

ли в результате многочисленных экспериментов. У станочника же нет времени делать сложные расчеты и уж тем более проводить эксперименты. От него ждут готовую деталь! И он должен в короткий срок определить, какую скорость резания он будет назначать при обработке данной поверхности.

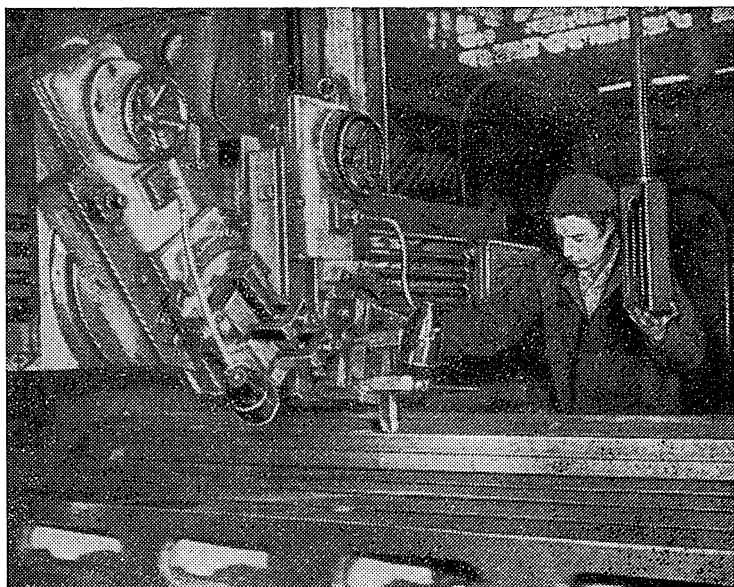
Может быть с меньшими трудностями сталкивается станочник при выборе подачи и глубины резания. Но зато мы уже говорили, что изменение одного из трех элементов режима резания влечет за собой необходимость корректировки и остальных. Без большого опыта и глубоких знаний из области резания материалов решить такую сложную задачу чрезвычайно трудно.

Как видите, станочник решает в производственных условиях сложнейшие задачи. И не у каждого это получается сразу. Да это было бы и нереальным делом. Огромный опыт, собранный по крупицам на основе изготовления разнообразных деталей, плюс работа с технической литературой и обмен опытом с коллегами по труду и позволяют ему решать эти сложные задачи.

Однако настройка станка — это не только установка режима резания. Очень часто станочнику приходится работать со специальными приспособлениями. При их использовании требуется производить достаточно сложные расчеты, которые требуют большого внимания и аккуратности. Малейшая ошибка — и деталь получается бракованная.

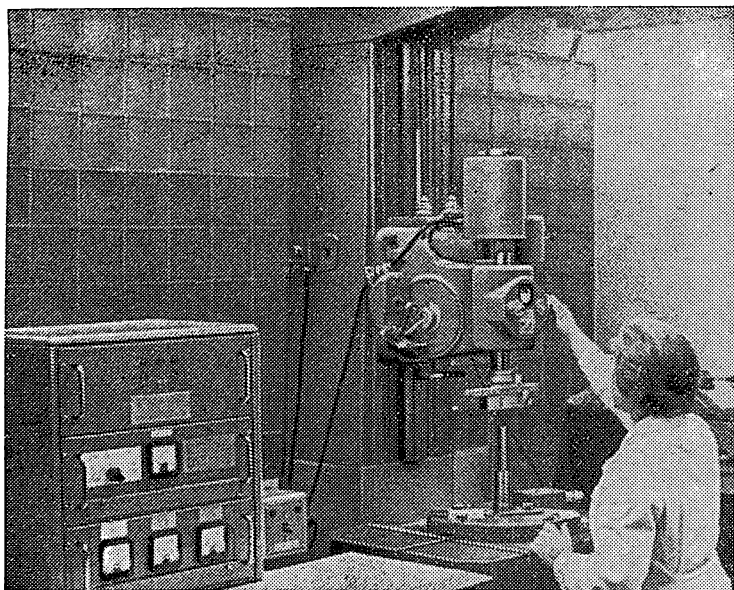
Заслуженные станочники-новаторы, которые начинали свою трудовую деятельность несколько десятилетий назад, с большим уважением вспоминают своих учителей. И в первую очередь отмечают их ювелирное искусство при выполнении сложнейших станочных работ. В то же время эти великолепные мастера зачастую не могли сами выполнить даже простейших расчетов, необходимых для настройки станка. В наше время станочники делают самостоятельно гораздо более сложные расчеты по настройке станков и приспособлений, и делают это уверенно без оглядки на старших товарищей.

Все описанные действия станочника-универсала в производстве, где изготавливают большие партии деталей, осуществляет технолог. Именно он производит все расчеты, назначает последовательность обработки и все остальное. Поэтому станочник-универсал практически до начала обработки выполняет функции технолога. И



Работа на универсальном продольно-строгальном станке требует особого внимания

надо сказать, что мастера своего дела выполняют ее на высоком профессиональном уровне. А вот после окончания всей «подготовительной» работы станочник-универсал начинает собственно обработку и выступает уже непосредственно в роли станочника. На этой стадии главное — его умение. Часто уровень квалификации настоящего станочника можно определить еще до того, как он закончит работу и будет оценено ее качество. Для этого достаточно понаблюдать за работой такого станочника. Мастерство проявляется в его движениях. Они просто виртуозны, отточены до предела, ни одного лишнего движения, все кажется настолько естественным, что забываешь, сколько напряжения и внимания требуется от него в такие моменты. Квалификация станочника проявляется даже в том, как он устанавливает инструмент относительно заготовки при каждом очередном проходе. Все станочники пользуются одними и теми же рукоятками, одними и теми же лимбами для отсчета перемещений. А вот качество обработки у всех разное.



Точность обработки возросла настолько, что для ее контроля применяют сложнейшие приборы. Контроль отклонения формы обработанной поверхности на кругломере

И не случайно, что у высококвалифицированных оно стабильнее и выше. Этот внешний артистизм — результат больших навыков. Они помогают мастеру своего дела часто без повторной проверки сразу выполнить сложнейший прием и получить требуемый результат там, где менее опытному станочнику потребуется многократные проверка и подналадка.

Но вот «колдовство» окончено. Вместо невзрачной заготовки на станке сияет новая деталь. Кстати, заметьте, у мастера своего дела она действительно сияет, в то время как у ремесленника (да простят нам это выражение настоящие ремесленники!) она бывает тусклой и далеко не праздничной. А ведь это тоже результат правильного выбора условий обработки.

Но деталь еще рано сдавать на склад готовой продукции. Необходим контроль ее основных параметров. Эта операция стала не только непростой, но и требует специальных навыков в обращении со сложной конт-

рольно-измерительной техникой. Эти правила и способы контроля являются предметом специальной технической науки — «Методы и средства измерения». Конечно, на производстве есть специалисты по контролю. Но опытный станочник в обязательном порядке делает это сам независимо от того, будет ли проведен потом контроль в ОТК или нет. Вот и еще одна очень важная сторона деятельности станочника-универсала — знание способов и правил контроля и умение его осуществлять на рабочем месте. И надо сказать, что опытные станочники иногда даже поправляют контролеров-профессионалов. Кому как не им быть уверенным в результатах своего труда!

Часто изготовление детали и ее контроль по сложности не уступают друг другу. Вот два примера. Для прокатных станов используют множество прокатных валков. Это только так, по привычке, называют валки. А в действительности — это весьма солидные детали. Их диаметр достигает 600—900 мм, а длина — пяти с лишним метров. По условиям работы валка при прокатке бывает необходимо, чтобы его рабочая часть имела не цилиндрическую, а, например, бочкообразную форму. И эту бочкообразность тоже строго регламентируют в зависимости от условий прокатки. Пусть, к примеру, задана бочкообразность 0,1 мм. Большинство станочников скажет, что это не так уж и мало. Но речь идет о том, чтобы сделать симметричную бочкообразную поверхность диаметром около 650 мм и длиной около 3000 мм. Шлифуют такие детали на специальных вальцешлифовальных станках, в больших количествах и не в специальных производственных помещениях, а прямо на участке прокатного цеха. От станочника требуется высокое мастерство, чтобы в условиях резких перепадов температуры обработать такую поверхность с заданными отклонениями и с очень высоким качеством поверхностного слоя. Но не менее ответственной операцией является и контроль результатов обработки. Он производится самим станочником. И от него требуется немалое искусство, чтобы стабильно контролировать результаты своего труда. И если он ошибется, то это сразу же проявится при прокатке.

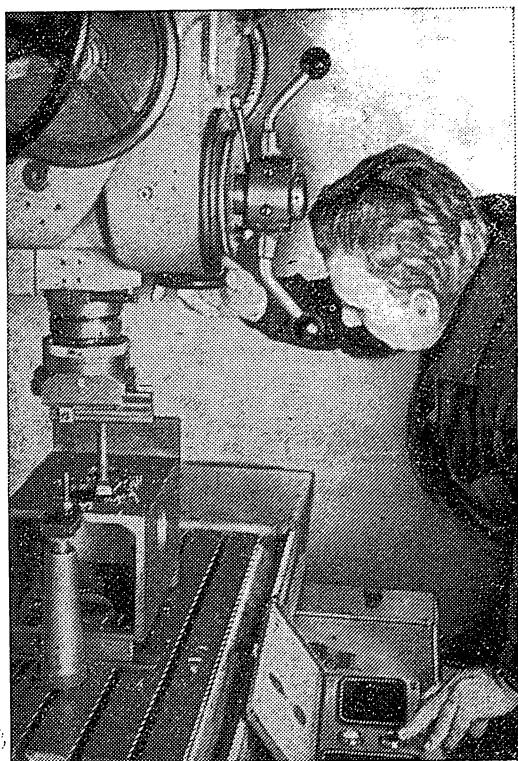
А второй пример — из области микродеталей. Замечательный новатор, токарь-лекальщик экстра-класса Б. Ф. Данилов в своей книге «Кому стоять у станка»

рассказывает, как поразил его, опытного токаря с тридцатилетним стажем, увиденный в Чехословакии станок, на котором обрабатывали оси диаметром 3—5 микрометров с длиной обработки 2—3 мм. Он пишет: «Когда переводчица перевела эти данные, я подумал, что ослышался. Но мне предложили самому посмотреть в микроскоп со стократным увеличением, установленным над станком. Я увидел, как на станке вытачивалась ось с уступами, а наименьший диаметр одного уступа составлял 5 микрон. Длина этой части оси была 2—3 миллиметра. Я видел, как резец брал стружку, как она то сыпалась, то завивалась колечками». И не разрушалась эта заготовка при обработке потому, что была установлена необычным способом, в магнитном патроне. Его острие растягивало заготовку, не давая ей прогнуться от силы резания. Допуски на такие детали ответственных приборов задают уже не в микрометрах (это слишком грубая величина!), а в ангстремах. А один ангстрем это всего навсего 0,0001 микрометра. И допуск на ту поверхность, обработку которой наблюдал в микроскоп Б. Ф. Данилов, составлял 190 ангстрем. Результаты такой обработки тоже необходимо проконтролировать, чтобы быть уверенным в качестве изделия. Вот таков диапазон даже чисто метрологических задач, которые стоят перед станочником.

Приведенные примеры совсем не говорят о том, что каждый станочник должен уметь изготавливать и контролировать столь разные детали и такими различными способами. Большие навыки, которые необходимы для выполнения этих работ, не могут быть приобретены без большой специализации станочника-универсала. Эти примеры говорят о том, что в области станочной обработки найдется дело по душе и тем, кто склонен к «ювелирным» работам, и тем, у кого есть задатки «чувствовать» детали-гиганты.

Но вот деталь обработана, проверены ее размеры, она аккуратно уложена в тару или специально предназначенный для нее стеллаж. Инструменты и приспособления снимают со станка, приводят в порядок и убирают в тумбочку.

Давайте и мы заглянем в такую инструментальную тумбочку станочника-универсала. Поражают сразу два обстоятельства: обилие разнообразного инструмента и приспособлений и образцовый порядок. В любой момент



Обработку на координатно-расточном станке выполняет станочник особо высокой квалификации

времени станочник быстро и безошибочно найдет то, что ему необходимо для работы. Конечно, приучила его к такому идеальному порядку необходимость. Но кроме такой необходимости важна еще и природная склонность к порядку, к системе. Многие опытейшие наши станочники с благодарностью вспоминают, как их первые учителя прививали им аккуратность. И чем ответственнее работы, которые выполняет станочник, тем более сильным должно быть это чувство. Конечно, порядок — это в какой-то степени понятие относительное. Один считает для себя более удобным одно расположение предметов, другой — иное. Но в любом случае оно должно быть упорядоченным.

Самое интересное заключается в том, что еще до того, как эргономика стала вплотную заниматься научной организацией рабочего места станочника и стала создавать соответствующее оборудование, наиболее опытные станочники-универсалы опытным путем уже решили многие из таких проблем.

И еще об одной стороне труда станочника хотелось бы сказать несколько слов. Можно смело утверждать, что большинство станочников-универсалов — это активные изобретатели и рационализаторы. Разные представители этой профессиональной группы занимаются такой деятельностью в разной степени: одни от случая к случаю, когда возникает непосредственная потребность в работе, другие увлекаются сначала творческой стороной дела, а потом становятся настоящими новаторами. Такая форма труда дает наибольшее удовлетворение. И следует сказать, что это не только личное удовлетворение духовных и материальных запросов станочника. Деятельность изобретателей и рационализаторов приносит огромную пользу государству, всему обществу. В 1981 году в СССР 4650 тысяч человек подавали рационализаторские предложения и заявки на изобретения. Экономический эффект от их внедрения составил 6 891 000 000 рублей! И это только за один год!

И среди рационализаторов и изобретателей значительную часть составляют станочники-универсалы. Можно сказать, что первый импульс к деятельности такого рода им дает неудовлетворенность стандартным инструментом, приспособлением или самим способом обработки. И тогда начинается длительный, а порой и мучительный процесс поисков более рационального варианта. Но для того, чтобы заниматься такой работой, необходимо быть эрудированным человеком в своей области — необходимо в совершенстве знать не только стандартные инструменты и приспособления, но и то, что создано уже новаторами-коллегами. Для этого надо интересоваться, что делается не только в твоём цехе, на твоём заводе, но и на родственных, а иногда и далеко не родственных предприятиях.

А что значит создать собственную конструкцию инструмента или приспособления? Для этого необходимо вступать в соревнование с целыми коллективами высококвалифицированных работников НИИ или конструкторских бюро, которые занимаются решением подобных

проблем. Новатор же берется за ее решение самостоятельно. Но это не самодеятельность, под которой обычно понимают примитивизм. Нет, за спиной станочника-новатора доскональное знание всех тонкостей дела, горячее желание и интерес, которые вызваны внутренней потребностью сделать лучше, умение самому сделать в металле все, что придумает, и самому же проверить в работе. И, кроме всего этого, знакомство с рядом технических дисциплин, без которых в наше время трудно создавать что-нибудь в области техники. Ну, а если чего-нибудь и не хватает в специальных областях, то было бы желание! Одно можно одолеть и самому, другое, более сложное, помогут решить более знающие товарищи. Трудно представить себе современную металлообработку без всего того, что было создано в этой области нашими замечательными новаторами. Это и великолепные режущие инструменты, и не менее замечательные приспособления, которые заменили то, что казалось самым простым и хорошим.

Интересно, что говорят по этому поводу сами изобретатели. Б. Ф. Данилов пишет о своем разговоре с токарем Перовского завода торгового машиностроения Валентином Моисеевым, создателем ряда великолепных приспособлений и устройств к металлорежущим станкам. На вопрос, почему он не учится в институте, чтобы стать инженером, тот ответил: «Я очень люблю делать все своими руками от эскиза до полного исполнения замысла в металле. Много радости мне доставило то, что я собственными силами смог воплотить в жизнь «Мечту»* и остальные замыслы, не дожидаясь, когда это сделает кто-то другой. Кстати иметь диплом, это еще не значит быть настоящим инженером... по-французски слово «инженер» значит — изобретательный человек. В этом я считаю суть всего дела».

Конечно, между инженером и станочником-универсалом есть различия. Станочник-универсал действительно должен выполнять одновременно функции многих специалистов, связанных с металлообработкой. Он много должен знать, много уметь. Однако его знания носят особенный прикладной характер. Знание теоретических основ обработки и практические навыки образуют тот сплав его прикладных знаний, которые отличают его

* Так он назвал изобретенный патрон (*примеч. автора*).

от инженера. И не только в этом их различия. Станочник ближе к металлу. Он имеет возможность ежедневно, ежеминутно непосредственно наблюдать поведение металла при различных условиях обработки. Это и дает ему огромный практический опыт. Именно этот осознанный опыт и выливается в конечном счете в то «чувство материала», которое так ценится на производстве. Без него невозможно достичь вершин мастерства в металлообработке, так же как нельзя стать хорошим музыкантом, не имея природного музыкального слуха и не доведя его до совершенства в результате длительных упражнений.

Конечно же, это талант. И, как каждый талант, он не только от рождения. Мы ведь часто и не знаем, какие таланты в нас заложила природа. Только опыт, практика проявляют их, превращают из потенциально скрытых возможностей в черту, присущую человеку, которая проявляется в реальных делах. И только опыт, постоянное упражнение делают его совершенным, не дают ему остаться в зародыше, а напротив, развивают его. А пределов такого развития нет. И примеров того в нашей повседневной производственной жизни очень много.

Каждый станочник-универсал — это человек разносторонне подготовленный к своей работе. Много он должен знать. Но знания могут не претвориться в жизнь, если он не будет в совершенстве владеть своим станком. Только станок дает станочнику возможность проявить свои знания на деле. И только сплав знания и умения делают станочника именно универсалом, которому по плечу решать самые сложные и ответственные задачи в металлообработке.

Мы много говорили о станочнике-универсале. И его портрет был бы неполным, если не сказать еще об одной особенности его труда. При всем богатстве знаний, необходимых для такой разнообразной и ответственной работы, его труд — в значительной степени труд физический. Конечно, каждое последующее поколение универсальных станков все совершеннее и с точки зрения управления. Даже в универсальные станки все больше проникает автоматика. И все же это физический труд. Он в максимальной степени облегчен. Несмотря на это, хороший станочник-универсал должен быть физически хорошо подготовленным. Не потому, что, как говорят, он «стоит у станка». Кстати, такое представление о тру-

де станочника совершенно не соответствует действительности. Опытный станочник хорошо соразмеряет периоды работы стоя и сидя. Физическая подготовка способствует тому, что станочник не так быстро утомляется, особенно при такой работе, которая требует максимального внимания. При меньшей утомляемости и производительность выше и качество работы стабильно. Эта специальность одна из тех, в которой может хорошо сочетаться физическое и духовное развитие специалиста.

Высокий уровень профессиональной подготовки, постоянная необходимость творческого решения возникающих задач, связанных с обработкой разнообразнейших деталей, является, по-видимому, одной из причин того, что именно из среды станочников-универсалов, достигших вершин мастерства, наиболее часто выходили и выходят наши прославленные новаторы производства.

Союз таланта и автоматики

При всех своих достоинствах станки-автоматы с ЧПУ дороги и недостаточно оперативны, чтобы их можно было использовать в мелкосерийном производстве для изготовления небольшого числа деталей. С другой стороны и самый квалифицированный станочник-универсал не может сравниться в производительности обработки со станками-автоматами. Естественно, возникает желание соединить возможности автоматики и высокое умение универсала. И современное состояние вычислительной техники позволило это сделать.

Хорошо знакомы в промышленности токарно-винторезные станки московского завода «Красный пролетарий». Удобные в обслуживании, надежные, высокопроизводительные, они полюбились токарям-универсалам. Но конструкторы завода постоянно совершенствуют свое детище, и шагом в этом направлении было оснащение станков системами цифровой индикации. Внешне этот станок похож на станок 16K20 — те же рукоятки управления, те же внешние контуры. Есть только небольшое отличие, но оно сразу же бросается в глаза. Над передней бабкой смонтирован небольшой прибор. Он расположен таким образом, что токарь, не меняя положения, может в любой момент посмотреть на него. При работе станка на нем ярко высвечиваются цифры. Стоит только токарю начать перемещать

суппорт в поперечном направлении к заготовке или от нее, как цифры начинают быстро сменять друг друга: О чем они говорят ему и какую помощь могут оказать в работе?

Вы помните, мы говорили о том, что универсал очень много времени затрачивает на измерение размеров обрабатываемых поверхностей. Сколько раз за смену останавливает он станок, берет в руки штангенциркуль или микрометр, замеряет размер поверхности, внимательно его считывает со шкалы измерительного прибора, и только после этого продолжает обработку. Это не только потери рабочего времени, но и большая физическая нагрузка. Ведь каждое измерение — это несколько различных положений корпуса, рук, головы: протянул руку — взял измерительный прибор, наклонился над заготовкой — сделал замер, выпрямился — внимательно посмотрел на шкалу и т. д. А нагрузка на глаза: штрихи на шкалах измерительных приборов и на лимбах станка, по которым отсчитываются перемещения суппорта тонкие, надо смотреть внимательно — неровен час и ошибешься. А ошибка может обойтись дорого!

А как же идет работа на станке с цифровой индикацией? Токарь установил заготовку, как обычно подвел резец к первой обрабатываемой поверхности, сделал небольшую проточку цилиндрической поверхности и... выключил станок. В его руках опять штангенциркуль, и он начинает измерять обработанную часть поверхности. Получается, что ничего особенного и не изменилось? Все как и раньше? Нет, давайте посмотрим дальше. А дальше пошло все совсем не так: он ни разу не взял в руки измерительный инструмент, ни разу не остановил обработку для контроля размеров. Он только смотрел на показания прибора и управлял перемещениями суппорта. А прибор постоянно показывал, на каком расстоянии от заготовки находится вершина резца. Эта информация и позволяет токарю безошибочно получить заданный размер обработанной поверхности.

Конечно, глаза не так устают, когда необходимо контролировать ярко горящие цифры. Ведь теперь, перемещая суппорт, токарь следит не за лимбом, а за показаниями прибора.

Отпала необходимость в многократных арифметических расчетах, которые токарь выполнял обычно в уме

или на бумаге при обработке нескольких поверхностей различных размеров. Этот небольшой прибор намного облегчил труд станочника. Так произошло первое знакомство станочника-универсала с электроникой.

Второй шаг был связан с созданием оперативной системы программного управления. Когда появились первые токарно-винторезные станки завода «Красный пролетарий» с оперативной системой программного управления, многие на машиностроительных предприятиях встретили их с недоверием, нашлись и просто скептики. Обычный универсальный станок и электроника! Но прошло совсем немного времени и скептики умолкли. Станки нового типа на деле показали, что тесный союз станочника-универсала и электроники дает большой эффект.

Давайте поближе познакомимся с оперативной системой программного управления. В цехе станок, оснащенный такой системой, почти не выделяется среди обычных универсальных токарно-винторезных станков. Только с правой стороны суппорта смонтирован небольшой прибор, на панели которого неброская надпись «Электроника НЦ-31». Она-то и управляет станком по программе. Но это не громоздкая система управления обычного станка с ЧПУ, вынесенная в отдельный шкаф. Наоборот, этот небольшой прибор и перемещается вместе с суппортом так, что его панель постоянно находится перед глазами станочника. Каковы же взаимоотношения этого устройства, станка и человека? Понаблюдаем за их работой.

Оператор берет в руки чертеж очередной детали и внимательно его изучает. Вы помните, что такая процедура предшествует изготовлению любой детали на любом станке. Только в одних случаях ее выполняет инженер-технолог, в другом — станочник-универсал. В процессе изучения чертежа и вырабатывается программа сложного процесса превращения заготовки в деталь. Обычно такую программу станочник-универсал намечал и держал в голове.

После изучения чертежа детали станочник, как обычно, выбирает и устанавливает необходимый инструмент. Необычное начинается уже с этого момента: инструмент устанавливают не в обычный привычный четырехпозиционный резцедержатель, а в автоматический пово-

ротный шестипозиционный резцедержатель. А потом станочник начинает делать и вовсе непривычное для универсала. На панели оперативной системы управления он быстро нажимает различные клавиши, внимательно следит за загорающимися цифрами. Прошло несколько минут. Программа обработки введена в систему управления, станок готов к самостоятельной работе и начинает обработку первой заготовки. На глазах автоматически и очень быстро обрабатываются не только простые цилиндрические, торцовые, но и сферические и конические поверхности. После обработки первой заготовки станочник еще немного «поколдовал» с клавишами системы управления (внес улучшения в программу) и затем начал обработку всей партии заготовок.

Затратив несколько минут на введение программы работы станка в систему правления, он с лихвой компенсировал их благодаря высокой производительности обработки. К примеру, на обычном универсальном станке обработать длинную коническую поверхность можно только со специальным приспособлением. Сферическая поверхность требует или специального фасонного инструмента или очень сложного приспособления. Ни того, ни другого в этом случае не было, а поверхности детали были сделаны с высоким качеством и с такой производительностью, на которую ни один самый квалифицированный станочник не способен.

Конечно, ничего необычного в этом нет, так и идет обработка на станках с ЧПУ. Удивительно другое — как станочник смог сам ввести программу в систему управления и так быстро. Ведь именно в этом отношении станки с ЧПУ требуют особой техники, высококвалифицированных специалистов и немалого времени для подготовки программы.

Да, «Электроника НЦ-31» не требует специального программносителя. Весь набор программы осуществляет станочник клавишами на панели прибора и прямо на рабочем месте. Любой станочник-универсал в состоянии составить для себя программу изготовления любой сложной детали и сам ее выполнить. Остается только научить его вводить ее в управляющее устройство. А этот процесс благодаря совершенству системы как раз очень прост. Главное заключается в том, чтобы оперативная система управления ни в коей мере не ограничила возможности станка и самого станочника. Он

по-прежнему может делать на станке чудеса, но сама «технология чудес» стала намного проще и легче.

Приведем такой пример.

Сделать высококачественную сферическую поверхность без специальных приспособлений и инструментов даже очень квалифицированному токарю редко удастся. А как это сделает станочник на станке с оперативной системой управления? Он наберет на панели клавишами несколько команд. Одна команда задает код сферической поверхности. Другая команда говорит о том, в каком направлении необходимо резцу вести обработку — по часовой стрелке или против. Следующие команды задают координаты точек, начала и конца обработки этой поверхности. Каждая из этих команд набирается нажатием нескольких соответствующих клавиш. И этих команд достаточно, чтобы станок по командам управляющей системы сделал в нужном месте на заготовке сферическую поверхность заданного размера без специальных приспособлений и инструментов.

Важной особенностью оперативной системы управления является возможность работы в нескольких режимах. Это развязывает руки станочнику, дает возможность полностью использовать и все свое умение, и возможности станка, и возможности самой системы. Полный простор творчеству!

В первом случае мы описали процесс обработки, которому предшествует составление программы станочником и ввод ее в систему. Но предположим другой случай — необходимо изготовить очень сложную деталь. С первого раза составить для нее программу очень сложно, можно сделать много ошибок. Тогда станочник может работать с системой в режиме обучения. Это значит, что он начинает обрабатывать заготовку вручную, как все станочники, без элементов программного управления. По ходу того, как он будет обрабатывать заготовку, система запоминает его действия и автоматически вырабатывает программу. Следующую деталь станок сделает уже самостоятельно по этой программе, то есть он полностью повторит все действия станочника. Но если в процессе ручной обработки первой детали станочник увидит, что в каком-то месте можно сделать иначе, лучше и быстрее, то он введет в записанную программу изменения. И эта процедура займет столько време-

ни, сколько необходимо, чтобы нажать несколько клавиш на панели «Электроники НЦ-31».

В некоторых случаях, например, при составлении сложных программ система и станочник могут работать в так называемом диалоговом режиме. Этот режим позволяет в некоторой степени автоматизировать процесс составления программы и тем самым уменьшить число возможных ошибок. В этом режиме на пульте появляются заголовки циклов, номера адресов, то есть как бы названия команд. Эти буквенные адреса высвечиваются автоматически и сигнализируют станочнику, что нужно ввести числовые данные и необходимые признаки. После того, как он наберет информацию для одной команды, высвечивается следующий адрес — приглашение для ввода следующей части команд и т. д. Станочник может работать и в смешанном режиме: обрабатывать заготовку вручную, а для особо сложных поверхностей переходить на программное управление.

Несколько команд позволяют ввести в систему задание на выполнение работы определенного вида. Так нажатием нескольких клавиш можно задать программу обточки не только конической или фасонной поверхностей, но и выполнить сложный многопроходный цикл обточки цилиндрической, торцовой или резьбовой поверхностей.

Для цеховых условий очень важно, что в памяти системы могут храниться несколько программ изготовления различных деталей. Кроме этого, в системе есть и кассета внешней памяти, в которой также можно хранить несколько программ. Вызов программ в систему управления из ее оперативной или внешней памяти занимает минимум времени. Поэтому за смену станочник может изготовить различные детали небольшими партиями. И, наконец, очень важно и то, что один высококвалифицированный станочник может работать не на одном, а на нескольких таких станках. Таким образом его знания и опыт будут многократно воспроизводиться системами управления различных станков. О такой производительности станочника-универсала еще недавно нельзя было и мечтать.

Применение станков с оперативной системой управления — это уже наша действительность. А конструкторы настойчиво ищут пути усовершенствования системы. Уже разработаны опытные образцы новых систем.

Они еще более облегчают работу станочника. Например, на стадии составления программы он имеет возможность видеть на экране дисплея графическое воспроизведение процесса обработки. Это намного уменьшит число ошибок, ускорит составление программы и обеспечит ее более высокое качество.

Опыт применения станков с оперативным программным управлением говорит об их больших перспективах. С каждым годом увеличивается их выпуск.

Подсчитано, что применение станков с оперативной системой управления позволяет на 40% уменьшить потребности в универсальных станках. Уменьшится в три раза и число универсалов в теперешнем понимании этого термина. А производство продукции при этом возрастет. Да и сами станки станут более экономичными; на их изготовление пойдет меньше металла, для них потребуется электроэнергии на 30% меньше, а производственной площади они займут в 1,5 раза меньше, чем станки с ЧПУ.

Так станочник-универсал уже в наше время стал выполнять работу технолога, которая раньше была под силу только инженеру.

КАК ГОТОВЯТ СТАНОЧНИКОВ:

Учитесь и читайте. Читайте книги серьезные.
Жизнь сделает остальное.

Ф. М. Достоевский

Прогнозы ведущих специалистов говорят, что в будущем нас ожидают сверхмощные, сверхточные и сверхнадежные машины. Многие из них будут созданы на совершенно иных, чем современные, конструктивных и технологических принципах. Они будут основой производства двадцать первого века. Пользоваться ими, производить их придется тем, кто сейчас вступает в самостоятельную жизнь.

Для решения новых и сложных задач станочники получают в свое распоряжение принципиально новую технику обработки. Уже в наше время на производстве появляются новые профессии станочников, которые пока считаются экзотическими. Свое право на существование они уже доказали высокой эффективностью своего труда.

В течение многих веков отверстия в таких твердых материалах, как алмаз и рубин, делали на установке, принцип действия которой был изобретен в каменном веке. И это несмотря на то, что потребности в таких изделиях только в часовой промышленности исчисляются громадными цифрами. Но вот пришел в цех представитель новой станочной профессии с новым инструментом — лазером и все в корне изменилось.

Лазером стали пользоваться заточники, им стали проводить чистовую обработку штампов для изготовления деталей кузовов автомобилей. И получили более высокое качество штампа с меньшими затратами. При этом не будем забывать, что лазерная техника на производстве еще не вышла из младенческого возраста! А какие инструменты дадут физики и химики станочникам в ближайшем будущем! Интенсивные исследования в этом направлении ведутся во многих лабораториях. Вот один пример. Наши ученые открыли принципиально новый метод обработки такого сверхтвердого мате-

риала, как алмаз. На него помещают тонкую железную пластинку и нагревают ее до температуры 1000°C в атмосфере водорода. Углерод алмаза начинает растворяться в железе и благодаря диффузии движется в направлении верхнего края пластинки. Достигнув ее поверхности, углерод вступает в реакцию с водородом и, превратившись в метан, покидает пластинку. Таким образом, растворяя углерод алмаза своей нижней частью, пластинка будет равномерно погружаться в алмаз. И форма образующей полости с вертикальными стенками будет соответствовать форме пластинки. Сделаем ее в форме зубчатого колеса и получим сверхтвердую сложную деталь. Потребуется в том же алмазе получить отверстие любой формы поперечного сечения — пожалуйста! Таким способом из алмаза можно получить уникальные резцы или микрофрезы или другой режущий инструмент.

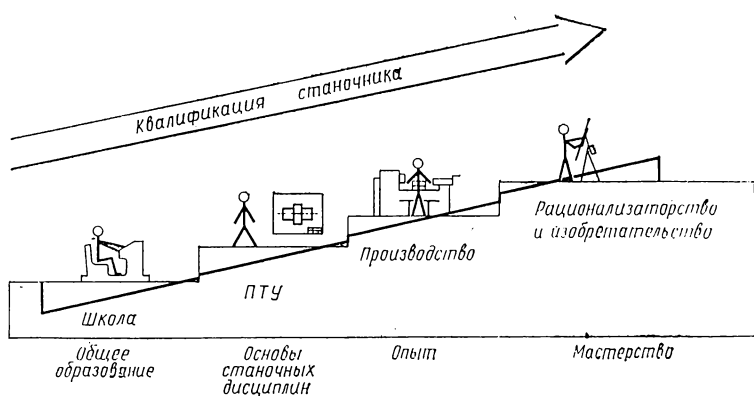
И все эти только появляющиеся и те, которые появятся в будущем, методы обработки осваивать станочникам.

Новые требования к качеству обработки потребуют от станочника таких знаний, которые в наше время относят к инженерным. Ведь станочник будущего будет «жить» в микромире. И пользоваться соответствующими станками и устройствами.

Да, в будущем станочника ожидает техника, сложность которой не идет ни в какое сравнение не только с той, которая применялась еще недавно, но и с той, которая начинает применяться сейчас. Подступиться к ней будет не так-то просто. И еще труднее будет решать задачи, связанные с непосредственной обработкой заготовок.

Как же готовиться к такой трудной миссии, если за плечами только школа и горячее желание достичь высот мастерства?

Легко было бы сказать, что станочников готовят в профессионально-техническом училище или на заводе. Но это утверждение не соответствовало бы действительности. Вы удивлены? Но это действительно так. И если уж говорить серьезно, то следует утверждать, что тот, кто изберет для себя дорогу станочника, будет учиться всю жизнь. Ибо, как сказал В. Г. Белинский, «кто не идет вперед, тот идет назад: стоячего положения нет».



Ступени роста станочника

Поэтому более правильно сказать, что есть несколько ступеней овладения профессией. Каждая ступень имеет свои особенности, свои задачи. Причем каждая последующая ступень, как правило, служит основой для последующей. Такая взаимосвязь различных этапов подготовки станочников является гарантией успеха. Именно такая структура профессиональной подготовки и может быть предметом нашего разговора.

Первой ступенью для будущего станочника является... школа, да, общеобразовательная школа. И ничего удивительного в этом нет. Ученые установили, что чем образованнее человек, тем меньший срок ему требуется, чтобы овладеть любой сложной рабочей профессией. Практика подтвердила это положение конкретными примерами. Слесари-инструментальщики с образованием пять-шесть классов тратят в среднем на повышение тарифного разряда пять лет, а с образованием десять классов — около года. Это реальные цифры, и они красноречивее всяких слов говорят о роли общеобразовательной школы. Если обобщить все результаты исследований, то окажется, что каждый класс общеобразовательной школы ускоряет освоение профессий на 5—10%.

Такой значительный разброс говорит не только о различных способностях каждого человека, но и о том, как хорошо усвоил он общеобразовательный курс. Поэтому мнение, что нет смысла хорошо учиться в школе тем, кто готовится стать рабочим, глубоко ошибочно.



Первые шаги в профессию станочника

И результаты такого подхода очень быстро начинают ощущать на себе те, кто ему следовал. Ведь тарифный разряд рабочего — это не только показатель его роста как профессионала, но это и его заработная плата. И если учесть, что на заводы в основном приходят уже со средним образованием, то становится понятным, что корни жизненного успеха закладываются на школьной скамье.

Но первым настоящим шагом в станочную профессию является профессионально-техническое училище. С него начинается дорога в мир станочных профессий для большинства девушек и юношей. И такое начало является наиболее эффективной формой приобщения к профессии и овладения ее основами. Именно в училище тысячи молодых людей получают основные навыки и знания в области той профессии, которую они выбрали.

Почему лучше всего начинать обучение профессии с ПТУ? Ведь можно поступить и на предприятие, и здесь непосредственно на рабочем месте овладевать профессией. Действительно, такая возможность есть, и уче-

ники на предприятии — довольно частое явление. Но ПТУ — специализированное учебное заведение по подготовке станочников. В них обучение ведется по научно обоснованной методике и программам. И, конечно, эффективность такого обучения несравненно выше.

Многие знают, что именно ПТУ готовит станочников, но не все знают, как это делается. Остановимся вкратце на этом.

Одно из основных достоинств учебного процесса в ПТУ — в оптимальном сочетании трех видов обучения: теоретической подготовки, производственного обучения в стенах училища и производственной практики на базовом предприятии, где учащиеся будут работать после окончания училища. Это формирует у учащихся техническое мышление, умение применять полученные знания в производственных условиях. Они с самого начала своего пути станочника получают навыки высококачественного выполнения работ, в них воспитывают бережное отношение к материалам, инструментам, оборудованию. Именно здесь впервые они узнают на практике передовые приемы выполнения работ и могут непосредственно оценить их эффективность. Не менее важным обстоятельством является и то, что программы различных курсов систематически дополняются учебным материалом о новом оборудовании, прогрессивных технологических процессах, которые начинают применять на передовых предприятиях страны и за рубежом.

Что собой представляет теоретическая подготовка станочника в ПТУ? Она включает в себя изучение ряда важнейших технических дисциплин. Среди них специальная технология, допуски и технические измерения, материалы и технология машиностроения, техническое черчение, основы экономики труда и производства.

Специальная технология, которую изучают в ПТУ, дает учащимся знания научных основ техники производства. Объем этих знаний позволяет глубоко, прочно и сознательно овладеть профессией. Надо сказать, что объем учебного материала по специальной технологии даже несколько превышает тот, который требуется по уровню квалификации, получаемой рабочим после окончания училища.

В специальную технологию входят ряд разделов. Среди них и основы резания металлов. В этом разделе даются все необходимые для рабочего сведения о физи-

ке этого сложного процесса. Именно в этом разделе будущий станочник получает те сведения, которые впоследствии совершенно необходимы ему для высокопроизводительной обработки. К таким сведениям относятся, в первую очередь, понятие об изнашивании режущего инструмента и факторах, которые определяют скорость этого процесса. Очень важным материалом являются сведения о силах резания, которые определяют производительность и качество обработки на станке, и многие другие сведения из области резания металлов, благодаря которым станочник осознанно воспринимает процесс обработки и может самостоятельно установить причины возможных отклонений от его нормального хода.

Не менее важной частью этого теоретического курса является раздел о механизмах и деталях машин. В нём учащиеся не только знакомятся с основными современными механизмами, их назначением, но и производят простейшие расчеты на прочность наиболее распространенных деталей.

Подробно изучают они также различные приспособления, применяемые на станках, механическое устройство, электрооборудование и гидрооборудование станков. Большой раздел специальной технологии посвящен обработке на станках, к работе на которых готовится будущий станочник, различных поверхностей заготовок деталей машин. Ну и, конечно, станочнику трудно работать на производстве без элементарных знаний о сопротивлении материалов.

Значительное место в общей технологии отводится основам обработки на станках по профилю станочника. Вот, к примеру, оператор станков с программным управлением. Он обязательно изучает основы программного управления. Сюда входят и принципы программного управления, и программный язык, и подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ, и принцип работы ЭВМ, и назначение и принципы работы систем ЧПУ и многое другое.

Большое значение уделяется изучению технологических процессов и организации рабочего места станочника. При этом обязательно рассматриваются вопросы экономики станочной обработки.

Этот краткий перечень разделов курса специальной технологии говорит о самой серьезной теоретической

подготовке будущих станочников. Эти сведения даются углубленно, применительно к конкретной станочной специальности.

Очень большое место в обучении занимает его производственная форма. В профессионально-техническом цикле на производственное обучение отводится более 80% общего времени. Это и понятно, готовится-то станочник.

Уже в мастерских учащийся начинает работать на станке той модели, с которым потом свяжет всю свою жизнь. Работа на станке начинается с выполнения простейших приемов управления им, потом осваиваются наиболее характерные сочетания приемов и операций, современные высокопроизводительные способы выполнения работ. Например, операторы станков с программным управлением должны уметь к концу производственной практики изготавливать самостоятельно небольшие детали средней сложности с большим числом переходов. Они контролируют выход инструмента в исходную точку и корректируют его, заменяют блоки инструментов, устраняют мелкие неполадки в работе инструмента и приспособления, проводят подналадку узлов и механизмов в процессе работы, контролируют качество обработки.

Таким образом, выполняемые ими работы, соответствуют третьему-четвертому квалификационным разрядам. Большое внимание уделяется умению планировать свой труд, проявлять творческий подход при решении производственных задач. На этом этапе обучения впервые закладываются такие важнейшие черты станочника, как самоанализ и самоконтроль, умение работать самостоятельно со справочной литературой и технической документацией.

В мастерских профессионально-технического училища есть прекрасное современное оборудование. Поэтому учащиеся с самого начала овладевают профессией на современном оборудовании и на базе передовой технологии. Им не придется переучиваться с первых шагов работы на предприятии.

В программу обучения в мастерских входят сначала несложные работы на станке, затем обработка различных поверхностей, все более и более сложных. Опытные мастера производственного обучения учат тонкостям, которые всегда важны при обработке различных заго-

товок с различными требованиями. Одновременно идет овладение приемами работы с мерительным инструментом, приспособлениями, справочной литературой.

И, наконец, последним этапом обучения является обучение непосредственно на предприятии. При этом этот вид обучения тоже ведется по усложняющейся программе. Сначала идет обучение работе на станке. Потом уже учащийся самостоятельно выполняет производственные работы по третьему и четвертому разрядам, и завершает этот цикл обучения длительная производственная практика на рабочих местах предприятия.

Трудно переоценить цикл обучения непосредственно на предприятии. Кроме чисто профессионального роста, он способствует предварительному знакомству с будущим коллективом, его традициями, с технологией производства и техникой производства предприятия. Наконец, уже на этом этапе происходит знакомство со своими товарищами, с которыми плечом к плечу будет потом трудиться молодой специалист.

Мы не касаемся здесь общеобразовательного курса, который проходят учащиеся средних профессионально-технических училищ. Он дает законченное среднее образование, аттестат зрелости, и об этом все знают.

Многие педагоги заметили, что отношение к труду каждого человека во многом определяется тем, кто трудился рядом с ним в юности. Если это был человек, для которого труд — это наслаждение, радость, то он передает это светлое отношение к главному в жизни занятию и тем, кто его окружает. В последние годы вышло много книг наших замечательных станочников-новаторов, специалистов высшего класса. И все они помнят своих учителей, которые передали им такое отношение к труду. Это действительно большое счастье — начать свою жизнь со встречи с таким учителем.

Поэтому подбору преподавателей в профессионально-технические училища в стране уделяется очень большое внимание. Многие выдающиеся мастера своего дела перешли из промышленности на работу в ПТУ. Среди них известные всей стране Герои Социалистического Труда и новаторы.

В стране созданы специальные институты и техникумы, которые готовят преподавательские кадры для училищ. И такое внимание не случайно. Именно здесь в ПТУ готовят рабочую смену страны, ее качество будет

определять технический и профессиональный уровень главной производительной силы страны через несколько лет. И, конечно, далеко не последнюю роль будут играть в этом и сами учащиеся, их отношение к труду, к учебе, их желание до конца овладеть своей профессией.

Даже краткий обзор учебного процесса в ПТУ говорит о том серьезном отношении к подготовке будущих станочников, который царит в их стенах. Но может быть и так, что молодой человек по целому ряду серьезных причин не смог начать свою профессиональную подготовку в ПТУ. Но желание стать станочником от этого у него не прошло. Что ж — в добрый путь! Есть и другие пути овладения этой замечательной профессией. Можно поступить на предприятие учеником. И под руководством опытного наставника пройти трудный путь. Да, ему будет гораздо труднее, чем тем, кто учился в ПТУ. Но все в его руках — нужно только желание, упорство и труд. Это требуется от любого, кто собрался в дальнюю дорогу к вершинам мастерства. Только всего этого ему придется взять немного больше, чем его сверстникам, выбравшим путь через ПТУ. И многие молодые люди идут к овладению профессией через ученичество. К примеру, в 1980 году в промышленности было 446 тысяч учеников.

А как же те, кто закончил ПТУ? Закончены годы учебы, прошли торжества посвящения в рабочие. Да, вы теперь настоящий рабочий. Что это — предел мечтаний? Опытные рабочие-станочники, особенно старого поколения, одобрительно отзываются о теоретической подготовке, которую получают молодые станочники в ПТУ. В этих отзывах часто слышатся и нотки доброй зависти и сожаления, что многие из них были лишены такой возможности. Но всем ясно, что опыта молодым людям не хватает, несмотря на практические занятия и в ПТУ, и в цехах предприятия. Значит учеба продолжается? Да, а может быть, если подходить уж очень строго, то она только и начинается по-серьезному. Именно так с приходом в цех после окончания ПТУ начинается следующий этап подготовки станочника, самый серьезный и самый длительный. Он будет продолжаться... всю жизнь.

Самое главное отличие его от ПТУ заключается в том, что педагогом будет сама жизнь, и она же будет ставить вам те оценки, которые вы заслужите. А она



В конструкторских бюро рождаются новые более совершенные модели станков с программным управлением, на которых будут работать будущие станочники

суровый судья! И формы учебы теперь будут самые разнообразные. Но все зависит от вас самих: захотите — к вашим услугам все, чем располагают различные профессиональные учреждения, которые только и созданы для повышения квалификации рабочих.

Несмотря на то, что вы имеете в кармане удостоверение о квалификационном разряде, на первых порах вас прикрепят к наставнику. Мне самому не очень нравится это немного сухое слово прикрепят. Потому что в действительности многие люди будут думать, как лучше вам помочь, быстрее освоить сложности рабочей профессии, к вам будут приглядываться. И все это для того, чтобы из всех станочников высокой квалификации подобрать того, кто сможет оказать вам наибольшую пользу. И принимают во внимание не только его и ваш уровень профессионализма. Смотрят и на то, чтобы ваши характеры были близки, чтобы у наставника были не только высокие профессиональные качества, но и педагогические наклонности.

Часто вы можете даже и не подозревать, что у вас есть наставник, который исподволь незаметно для вас самих опекает вас, постепенно учит премудростям станочной работы, вместе с вами переступая с одной ступеньки на другую, более сложную. Много людей, часто вам и незнакомых, будут заниматься вашей судьбой. И у них только одна цель — помочь вам в совершенстве овладеть профессией. Иначе как благородной такую миссию и не назовешь. Они тратят свое время, силы не только на то, чтобы вы быстрее росли в своем мастерстве, лучше жили материально, но и на то, чтобы воспитать в вас человека труда в лучшем понимании этого слова. И не зря многие теперь уже знаменитые на всю страну станочники не просто с уважением вспоминают своих наставников, а, можно сказать, низко им кланяются по русскому обычаю.

И ваше счастье, если ваш наставник или другие окружающие вас товарищи по работе не только научат вас выполнять сложнейшие работы на самых совершенных станках, а заразят вас неистребимой потребностью совершенствовать работу, находить новые пути повышения ее качества и производительности, заниматься всем тем, что мы называем рационализаторством и изобретательством. Тогда ваша жизнь наполнится новым содержанием, и мастерство ваше, как специалиста, начнет расти еще более высокими темпами.

И для этого у нас в стране созданы все условия. На каждом предприятии имеются советы новаторов. Имеются и городские и районные советы новаторов. Регулярно на всех уровнях проводятся семинары, выставки, демонстрации передовых методов работы. Где же, как не в этом кругу, можно узнать самые передовые новинки во всем, что касается станочной обработки? Где, как не в кругу единомышленников, можно обсудить идею, с которой вы уже многие месяцы не расстаетесь? Где, как не здесь, можно получить помощь и совет опытных товарищей профессионалов высочайшего класса? И ведь именно на таких семинарах и совещаниях можно на живых примерах оценить достоинства того или иного новшества и решить, подходит оно к вашим условиям работы или нет. Здесь же после демонстрации на станке какого-нибудь новшества можно взять его чертежи и изготовить самому, а предварительно можно и самому здесь же его и попробовать. Эта работа захватыва-

ет человека пытливого до конца, без остатка, и тот, кто однажды почувствовал вкус изобретательства и рационализаторства, уже никогда не отойдет от него.

И еще. Профессиональный рост в наше время невозможен без постоянной самостоятельной работы, без самообразования. И одной из форм самообразования является чтение серьезных книг — и по специальности и тех, которые расширяют кругозор, культурный уровень. Как отдельные ручейки создают могучую реку, так и самообразование повышает профессиональный и культурный уровень человека. Эти две черты неотделимы в современном человеке. А им и необходимо быть.

Уважаемый читатель! Вы заканчиваете читать эту книгу. Трудно в ней рассказать обо всем, что связано со станками и со станочниками. Автору хотелось бы, чтобы та малая толика сведений об этих самых распространенных современных профессиях хотя бы немного показала вам их глубокий содержательный смысл и блестящие перспективы. Возможно, что у некоторых из вас есть желание связать свою судьбу с многочисленной армией современных станочников. Но не спешите. Проверьте, есть ли в вас качества, необходимые для того, чтобы овладеть этой сложной профессией и чтобы она приносила вам удовлетворение и удовольствие?

А. М. Горький говорил: «Дело — зверь живой и сильный, править им надо умеючи, взнуздывать надо крепко, а то оно тебя одолеет». Станочное дело именно такой зверь. Слабых и малодушных он не жалует. И требует, чтобы тот, кто посвятит себя ему, обладал определенными чертами.

Но если ваше желание твердо, а решение окончательно, то пусть вам всегда будут сопутствовать: необходимость, интерес и соревнование. Необходимость овладеть профессией, крайне необходимой Родине, постоянный интерес ко всему, что делает работу интереснее и содержательнее, и соревнование с самим собой, с товарищами по работе, так, чтобы сегодня все получалось лучше, чем вчера. Сделайте так, чтобы вся ваша жизнь была сплошным соревнованием, а его содержанием была или программа-минимум — быть не хуже других, или еще лучше — программа-максимум — быть лучше других. И вы найдете пути ее реализации. Помните слова К. Д. Ушинского: «Если вы удачно выберете труд и вложите в него всю душу, то счастье само вас отыщет».

ЗАГЛЯНЕМ В БУДУЩЕЕ

Мы живем в эпоху, когда расстояние от самых безумных фантазий до совершенно реальной действительности сокращается с невероятной быстротой.

М. Горький

Никогда еще в истории человеческого общества не было периода со столь стремительным прогрессом в технике. И большая заслуга в этом принадлежит науке. Мы часто слышим, что наука стала производительной силой. Эти слова стали привычными для нашего слуха. И мы не всегда до конца осознаем их глубочайший смысл. А ведь девяносто процентов всех ученых, которые когда-либо были, — это наши современники. Половина результатов исследований, которыми располагает человечество, получены в последние пятнадцать лет. И объем научных знаний удваивается каждые десять лет. Ученые подсчитали, что за десять лет с 1969 по 1970 год появилось больше изобретений, чем за предыдущие две тысячи лет. При этом период между появлением изобретения и его практическим использованием постоянно уменьшается: для бумаги он составил тысячу лет, паровой машины — 80, телефона — 50, самолета — 20, транзисторной техники — 3 года, а для лазера — только два месяца.

Поэтому прогнозировать в наше время развитие техники даже на сравнительно короткий период времени очень сложно. К сожалению, ошибочные прогнозы, в том числе и в области металлообработки, — явление нередкое. Вот один из них. В пятидесятых годах бытовало мнение о том, что уже в ближайшее время роль обработки резанием будет постоянно уменьшаться, и в самом скором времени этот метод обработки заготовок деталей машин потеряет свое былое значение. И вот почти через тридцать лет в Москве с огромным успехом прошла международная выставка «Металлообработка 1984». Что же предложили ведущие фирмы мира для самого качественного и производительного изготовления деталей современных машин и приборов? Огромное количе-

ство металлорежущих станков самых разнообразных конструкций! И наверное более девяноста процентов из них — это станки с ЧПУ и гибкие переналаживаемые автоматические линии на их основе. Все самые последние достижения науки и техники, в том числе и микропроцессорная техника, использованы в этих станках. Самая представительная экспозиция таких станков была сделана нашей страной.

А что же прогноз? Были ли вообще основания для такого прогноза? Были и, на первый взгляд, очень веские. Именно в тот период в промышленности стали широко применяться прогрессивные методы получения заготовок. В некоторых случаях их не надо было даже обрабатывать.

Но не была учтена другая важнейшая тенденция в развитии машиностроения — постоянное повышение требований к качеству поверхностей деталей. Обеспечить такие требования могли только методы, основанные на обработке резанием. Других в то время не было. И не было намеков на появление их в ближайшем будущем.

Другое дело, что повышение точности изготовления заготовок привело к уменьшению припусков на обработку поверхностей. Тем самым при обработке резанием был предотвращен перевод огромного количества материала в стружку. А ведь именно эту стружку «ставили ей в вину», и совершенно незаслуженно! Ведь чем точнее изготовление заготовки, тем в большей мере технологические методы, основанные на резании, будут отвечать своему назначению — обеспечивать высокое качество поверхностей деталей машин и приборов.

Итак, попробуем все-таки заглянуть в то время, когда будут работать те, кто сейчас вступает в жизнь. Найдется ли там место станочнику?

Обычно, когда заходит речь о машинах будущего, первым делом называют машины-автоматы. Да, огромные масштабы автоматизации уже в ближайшем будущем ни у кого не вызывают сомнения. В этом направлении у нас в стране уже ведется огромная по масштабам планомерная работа.

Однако автоматизированная машина состоит из собственно рабочей машины и управляющей системы. Создавать автомат, в основе которого будет принципиально устаревшая рабочая машина, это все равно, что изобретать автоматизированный музыкальный комплекс на

базе старинного патефона в то время, когда имеются качественно новые радиоэлектронные системы воспроизведения звука!

Какими же признаками будут обладать рабочие машины будущего? Ведущие ученые уверенно говорят о необходимости резкого увеличения мощности машин как важном условии дальнейшего прогресса в технике. Но при создании более мощной машины перед машиностроителями всегда возникают две проблемы: изготовление деталей для нее из более прочных конструкционных материалов и повышение качества их обработки.

Увеличение мощности приводит к тому, что растут силы, действующие на рабочие органы машины. И если новые машины создавать из старых конструкционных материалов, размеры их деталей резко увеличиваются. Такой путь нерационален ни с технической, ни с экономической стороны. Следовательно, нужен другой путь. Более мощной машине нужен и более совершенный материал.

Борьба за высокопрочные и сверхпрочные материалы идет по нескольким направлениям. Специалисты предсказывают, что еще многие десятки лет наиболее распространенным конструкционным материалом остается сталь. Ожидается, что пика производство стали достигнет приблизительно к 2080 году. И только начиная с 2100 года объемы ее выпуска станут уменьшаться. Таким образом, минимум еще сто лет сталь останется основным конструкционным материалом. Поэтому совершенствование свойств стали приобретает особое значение для развития техники. Металлофизики рассчитали и экспериментально доказали, что теоретическая прочность обычного железа достигает 1000 килограмм на квадратный миллиметр. Это значит, что на проволочку из такого железа диаметром чуть более миллиметра можно повесить груз весом около тонны! Представьте, как выглядели бы самые мощные современные машины, если бы их удалось изготовить из материала с такой прочностью! Ведь конструкционные стали, применяемые в настоящее время, несмотря на специальные добавки и сложные способы термической обработки, имеют прочность, в десятки раз меньшую. А ученые уже обещают в ближайшее время создать конструкционные материалы с пределом прочности около 600 килограмм на квадратный миллиметр.

Но не думайте, что создание сверхпрочных материалов является единственным условием прогресса техники. Нужны материалы, способные работать в условиях сверхвысоких и сверхнизких температур, в глубоком вакууме, в агрессивных средах, нечувствительные к радиации, сверхтвердые и сверхвязкие, сверхлегкие и со многими другими специальными свойствами. Поэтому одними сталями машиностроение не может обойтись уже сейчас, а в будущем и подавно.

На наших глазах рождается один из таких материалов, у которого, по-видимому, большое будущее. Речь идет о композиционных материалах. Они состоят из двух материалов. Один из них — более прочный — выполняет роль арматуры, другой — является наполнителем. Совсем, как сталь и бетон, образуют железобетон. Кстати, это и есть самый первый изобретенный человеком композиционный материал и самый распространенный в наше время. В ближайшем будущем ожидается широкое промышленное применение композиционных материалов с очень высокими прочностными свойствами. В них роль наполнителя будет выполнять один металл или сплав, а роль арматуры — другой, с более высокой прочностью. В числе изделий, которые в ближайшее время можно будет получать на орбитальных космических станциях, следует назвать и композиционные материалы на основе легких сплавов, армированных высокопрочными нитями или «усами». Так ученые называют монокристаллы различных материалов, которые являются практически чистыми материалами, без тех многочисленных пороков внутреннего строения, которые характерны для обычных металлов и их сплавов. Эти-то пороки и снижают прочность материалов. А вот «усы» не имеют этих недостатков и поэтому обладают удивительной прочностью, близкой к теоретической. Но не думайте, что создание композиционных материалов — это удел космической технологии. Уже сейчас в лабораториях проходят испытания многочисленные композиционные материалы и ведутся поиски технологии их промышленного производства и применения.

И все сверхпрочные материалы необходимо будет обрабатывать. Для этого потребуются новые технологические машины, режущие инструменты и даже технологические методы.

Мы рассмотрели только одну проблему, связанную с

повышением мощностей рабочих машин, — проблему обеспечения необходимой прочности ее деталей за счет применения высокопрочных материалов. Но ведь мощность — это или большие рабочие нагрузки, или высокие скорости. Какие проблемы стоят на пути обеспечения каждого из этих параметров?

Нагрузки от одной детали к другой передаются в месте их контакта. А детали контактируют по поверхностям, линиям, точкам. Это в общем случае. А конкретно стремятся контакт обеспечить по поверхностям. И вот почему.

Каждый материал может нормально работать только в том случае, если давления в месте передачи нагрузок не будут превышать вполне определенной для данного материала величины. В противном случае деталь разрушается. Увеличение прочности конструкционных материалов дает возможность увеличить и допустимые нагрузки. Но есть и другой более эффективный путь.

Представим себе, что в новой машине есть две контактирующие поверхности, которые и передают рабочую нагрузку. Как бы мы определили давления на поверхностях? Взяли бы величину передаваемой силы и разделили на площадь контакта. Следовательно, чем больше площадь контактирующих поверхностей, тем меньше будет давление. Кажется, намечается простой путь повышения рабочих нагрузок: детали следует конструировать таким образом, чтобы площадь их контактирующих поверхностей была максимально возможной.

Однако на практике мы быстро убедимся в том, что результаты расчетов не соответствуют действительности: там, где детали должны были надежно работать, они по непонятной причине разрушаются. В чем же дело? Вспомним, что в расчетах мы принимали нагрузку равномерно распределенной по всей площади контактирующих поверхностей. В действительности та поверхность, через которую передаются нагрузки, намного меньше. Ее называют фактической площадью контакта. Даже для тщательно обработанных поверхностей фактическая площадь контакта составляет только одну треть ее номинальной площади. Получается, что большая часть материала не работает на полную мощность и является как бы лишней. Она только удорожает машину, делает ее тяжелее, менее эффективной. В чем причина такого несоответствия?

Вспомните обычный строительный шифер. Положите его лист на идеально ровную площадку. Посмотрите, велика ли площадь контакта шифера с площадкой? Нет, контактируют они только по выступам шифера. К чему это может привести, легко проверить, наступив на шифер. Наверняка он разрушится.

Если посмотреть на поверхности деталей машин через специальные приборы, то легко убедиться, что они скорее напоминают шифер, чем идеальные поверхности, которыми мы их считали. Только рельеф их поверхностей намного сложнее, чем у шифера. Как же быть? Изготавливать идеальные поверхности? Во-первых, очень дорого и сложно, а, во-вторых, такой путь малоэффективен. Представьте себе, что мы с большими трудностями сделали такой вал, что его поверхности можно считать близкими к идеальным цилиндрам. И контактировать они должны с поверхностями, изготовленными с очень высокой точностью. Но под действием нагрузок вал будет деформироваться и его конфигурация изменится. Получается, что было затрачено много сил на то, чтобы получить почти идеальные поверхности, а в работающей машине эти же поверхности изменили свою первоначальную форму. И условия контакта стали иными.

А что если поверхности деталей сразу делать такими, чтобы в работающей машине площадь их контакта стала наибольшей? Просто? Да, идея проста, но ее реализация связана с большими техническими трудностями. В настоящее время это удастся сделать только лишь в некоторых случаях, да и то с большими сложностями. Ну, а в будущем, по-видимому, без такого управления формой поверхностей при их обработки не обойтись. Таким образом, возникает необходимость делать поверхности не идеальные, а с заранее заданным отклонением формы. Возможно, что для этого потребуются металло-режущие станки с несколько иными законами формообразования поверхностей деталей машин. И тогда станочники по заказу будут делать поверхности с любыми отклонениями от их идеальных прототипов. И изменится само понятие «точность обработки».

А какие требования будут предъявляться к станкам, на которых будет производиться высокоточная обработка? Специалисты считают, что ответственные детали станков должны изготавливаться с точностью, на порядок выше той, с которой будет вестись обработка на этом

станке. Мы уже приводили примеры деталей, точность обработки которых оценивалась десятными долями микрометра. Это значит, что детали станка, необходимого для достижения такой точности, следует делать с точностью, оцениваемой сотыми долями микрометра!

И так каждая ступень в повышении точности обработки, в свою очередь, вызывает переоценку ценностей в станкостроении. Будет ли этому предел? Диалектический закон перехода количества в качество постоянно подтверждается в технике. В такие моменты и происходят крупные открытия, которые вносят коренные изменения в наши познания. Так, по-видимому, будет обстоять дело и с проблемой точности. Появятся принципиально новые технологические методы и станки ... Но это уже дело отдаленного будущего.

А как обстоит дело со скоростями рабочих машин, да и не только рабочих? Уже в наше время видно, как быстро они растут. На протяжении жизни одного поколения скорость только воздушного пассажирского транспорта возросла в несколько раз и превысила скорость звука.

И повышение скоростей — это тоже проблема конструирования и технологии. Ведь при этом резко возрастают нагрузки, повышается температура, ускоряется изнашивание и целый ряд других вредных для машины явлений. Так, при скорости самолета 2300—2500 километров в час температура его обшивки достигает 125—136 градусов Цельсия. Но большие сложности в борьбе за скорость приходится преодолевать не только в таких областях техники, как авиация, космонавтика, ракетостроение. В Москве есть сравнительно небольшое станкостроительное предприятие, которое выглядит скромно на фоне окружающих его промышленных гигантов. Но значение его для нашей промышленности трудно переоценить. Выпускает оно скоростные прецизионные шпиндели. Видите, и само название продукции мало что говорит непосвященному человеку. А между тем именно это предприятие стоит на передовых рубежах в борьбе за скорость и точность.

Мы уже говорили, что увеличение частоты вращения абразивного инструмента повышает не только производительность обработки, но и качество. Поэтому борьба за скорость шлифования ведется столь же интенсивно, как и в других областях, о которых мы говорили. Сейчас в некоторых случаях шлифование происходит со ско-

ростью до 100 метров в секунду. Представим себе, что требуется шлифовать цилиндрическую поверхность инструментом диаметром 300 миллиметров со скоростью шлифования 50 метров в секунду. Нетрудно подсчитать, что инструмент должен в этом случае вращаться с частотой более 3000 оборотов в минуту. Такая частота в наше время не проблема.

Но вот совсем другая задача: требуется шлифовать отверстие диаметром, например, 5 миллиметров. В такое отверстие можно ввести инструмент диаметром не более 4 миллиметров. С какой частотой должен вращаться этот инструмент? В зависимости от характеристик абразивного круга он должен делать от 170 000 до 250 000 оборотов в минуту.

Подобные устройства и выпускает упомянутое предприятие. И не только для отечественного машиностроения, но и на экспорт. Большие сложности пришлось преодолеть конструкторам и технологам, чтобы освоить производство этих устройств, конструкция которых на первый взгляд кажется несложной. Но достаточно сказать, что малейший дисбаланс способен в считанные секунды вывести изделие из строя. Поэтому на деталях не допускаются заусенцы, которые даже невидимы невооруженным глазом. А какая точность обработки ответственных поверхностей деталей! Отклонение от круглости поперечного сечения вала не должно превышать... 0,2 микрометра. Для сравнения напомним, что толщина человеческого волоса 40—50 микрометров. Но в ближайшем будущем потребуются шпиндели с еще большей частотой вращения. Есть основания считать, что для промышленности будут необходимы шпиндели с частотой вращения около 800 000 оборотов в минуту! И это не простое увеличение частоты вращения. Производство таких изделий потребует качественно новых технологических методов для их производства и, вероятно, новых конструктивных решений.

Как видите, самые различные аспекты производства машин с совершенными характеристиками в будущем в итоге упрутся в проблему точности обработки. И эту точность должны обеспечивать технологические методы, основанные на резании материалов.

Да, оценки ведущих специалистов мира говорят о том, что в обозримом будущем обработка резанием останется основой промышленного производства. Равно-

ценной замены ей нет! Степень ее совершенства будет определять экономический потенциал страны, динамику прогресса техники. Поэтому и станочник останется заглавной фигурой производства. Древняя профессия станочника остается не только важнейшей профессией настоящего, но и является профессией будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Антропов А. В.** Рабочая честь. М.: Московский рабочий, 1976, 176 с.
2. **Данилов Б. Ф.** Кому стоять у станка. М.: Машиностроение, 1974. 120 с.
3. **Загорский Ф. Н.** Очерки по истории металлорежущих станков до середины XIX века. М.—Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. 282 с.
4. **Металлорежущие станки** / Н. С. Колев, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин и др. М.: Машиностроение, 1980. 500 с.
5. **Металлорежущие станки и автоматы.** Под ред. А. С. Проникова. М.: Машиностроение, 1981. 479 с.
6. **Механическая обработка материалов** / А. М. Дальский, В. С. Гаврилюк, Л. Н. Бухаркин и др. М.: Машиностроение, 1981. 263 с.
7. **Народное хозяйство СССР 1922 — 1982: Юбилейный Статистический ежегодник ЦСУ СССР.** М.: Финансы и статистика, 1982. 624 с.
8. **Обгоняя время:** Рассказы писателей о друзьях-станкостроителях Москвы/Сост.: Л. Д. Давыдов. М.: Московский рабочий, 1979.
9. **Придо Т.** Кроманьонский человек. Пер. с англ. М.: Мир. 1979. 158 с.
10. **Шаумян Г. А.** Комплексная автоматизация производственных процессов. М.: Машиностроение, 1973. 640 с.
11. **Шихельман Г. Л.** Рабочему о качестве металлообработки. М.: Машиностроение, 1980. 152 с.

Олег Филиппович Полтавец

О СТАНКАХ И СТАНОЧНИКАХ

Редактор *И. С. Форстен*

Художественный редактор *С. С. Водчиц*

Обложка художника *Л. С. Вендрова*

Технические редакторы *А. И. Захарова* и *Е. П. Смирнова*

Корректор *О. Е. Мишина*

ИБ № 3634

Сдано в набор 02.02.84. Подписано в печать 23.05.84. Т-12609.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 8,82 (в т. ч. вкл. 0,42). Усл. кр.-отт. 10,68
(в т. ч. вкл. 1,68). Уч.-изд. л. 9,05 (в т. ч. вкл. 0,38). Тираж 50 000 экз.
Заказ 138. Цена 45 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение».
107076, Москва, Стромьинский пер., 4.

Московская типография № 32 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.
103051, Москва, Цветной бульвар, 26.

45 коп.

КЕМ БЫТЬ?!



«МАШИНОСТРОЕНИЕ»

00000